

Prirodna osnova u prostornom planiranju - hidrogeografski dio

Izv. prof. dr. sc. Ivan Čanjevac
canjevac@geog.pmf.hr

Odabrane teme

- Vodni resursi na Zemlji
- Zahvaćanje vode u svijetu i glavni korisnici
- Sustav upravljanja vodnim resursima u Hrvatskoj
- Hidroenergija
- seminari

Literatura i izvori podataka

Bonacci, O., 2003: Ekohidrologija, UNIST i IGH, odabrane stranice

Davie, T., 2008: Fundamentals of hydrology, 2. izdanje, Routledge

Mayer, D., 2004: Voda, od postanka do upotrebe, Prosvjeta, odabrane stranice

Plut, D., 2000: Geografija vodnih virov, FF Univerze v Ljubljani, odabrane stranice

Riđanović, J., 1993: Hidrogeografija, Školska knjiga, Zagreb

Bloeschl, G., Gaal, L., Hall, J., Kiss, A., Komma, J., Nester, T., Parajka, J., Perdigao, R.A.P., Plavcova, L., Rogger, M., Salinas, J.L., Viglione, A., 2015: Increasing river floods: fiction or reality?, WIREs Water, 2: 329-344.

Prethodna procjena rizika od poplava, Hrvatske vode, 2018.

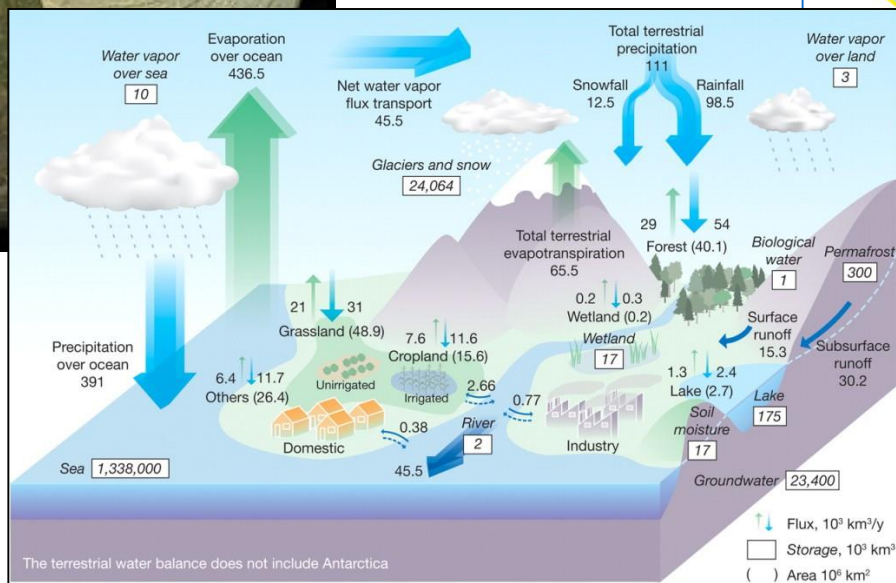
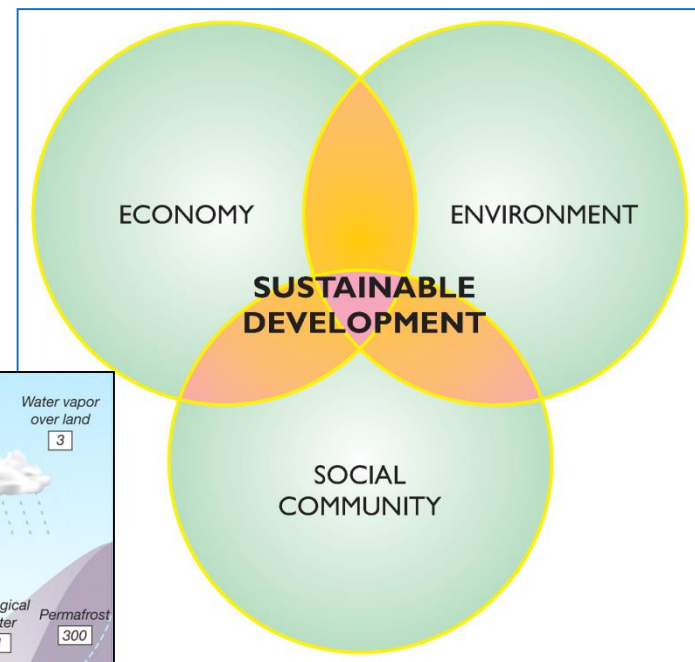
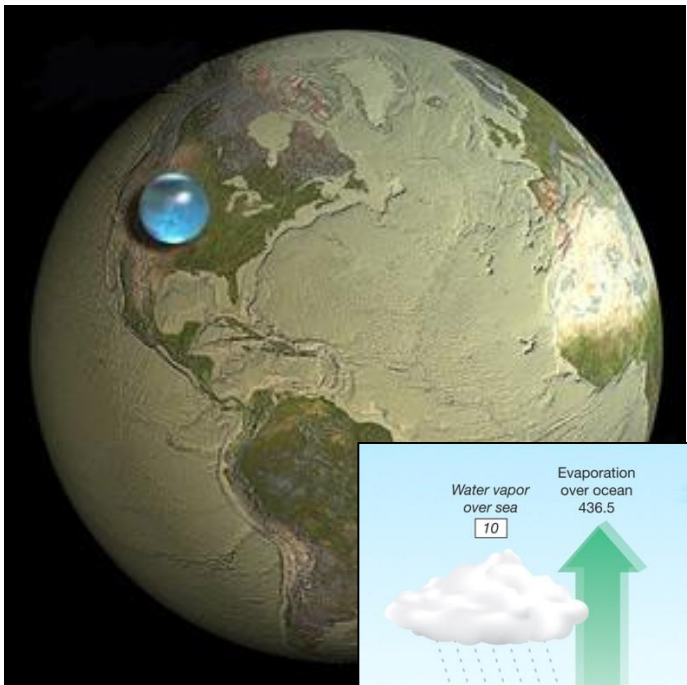
predavanja,

dokumenti dostupni na mrežnim stranicama Hrvatskih voda,

EU, UN i FAO dokumenti i baze podataka (internet)

geografski i hidrološki časopisi

Vodni resursi na Zemlji



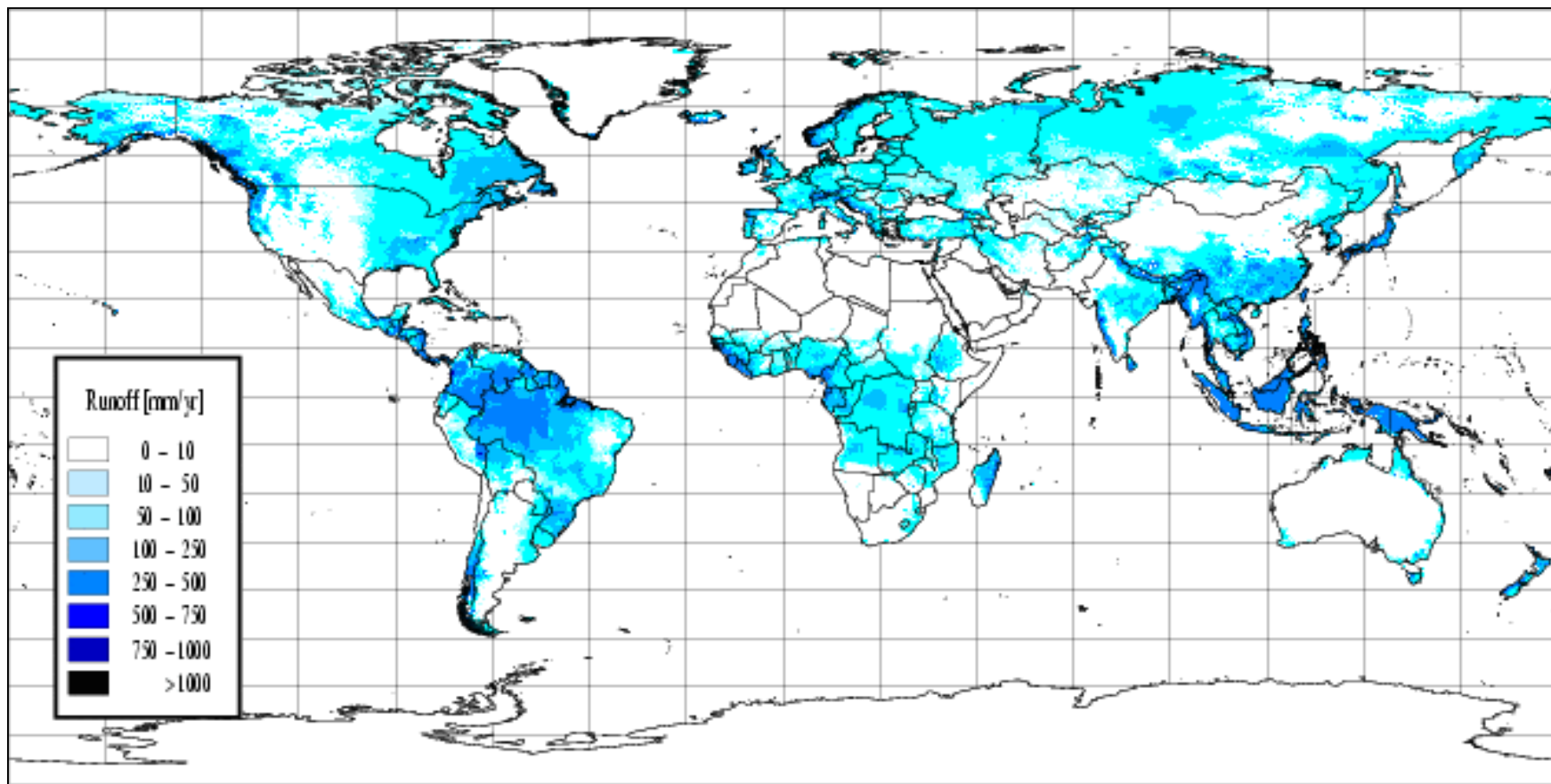
Uvodne misli

- *Svi ljudi imaju pravo na pristup pitkoj vodi u količinama i kakvoći koje zadovoljavaju njihove osnovne potrebe* (Konferencija o vodama UN-a, Mar del Plata, 1977.).
- *... poruku... o vodi kao javnom dobru, koje je ovom naraštaju dano na čuvanje i odgovorno prenošenje naraštajima koji za njim dolaze* (Prava i dužnosti prema vodi i moru, Izjava Komisije HBK Iustitia et pax, 2008.).
- *Pravo na kvalitetnu vodu i odvodnju je temeljno ljudsko pravo i preduvjet za ostvarenje ostalih ljudskih prava* (Rezolucija 64/292 Generalne skupština UN-a, 2010.).
- *Siguran pristup pitkoj vodi je temeljno i opće ljudsko pravo i kao takvo preduvjet za ostala prava* (Laudato si' 30, svibanj 2015.).
- *Osigurati pristup i održivo upravljanje vodnim resursima i higijenske uvjete za sve* (6. cilj Programa globalnog razvoja do 2030. - Agenda 2030., rujan 2015.).

Nekoliko polaznih misli - načela koja treba pamtiti

Voda je geografski neravnomjerno rasprostranjena!

prirodna neravnomjernost – trećina kopna je aridna + društveni utjecaj!



Izvor: <http://www.grdc.sr.unh.edu>

Gdje je plavo tamo je otjecanje – ali i tamo gdje je bijelo žive ljudi

Voda nije neiscrpan resurs

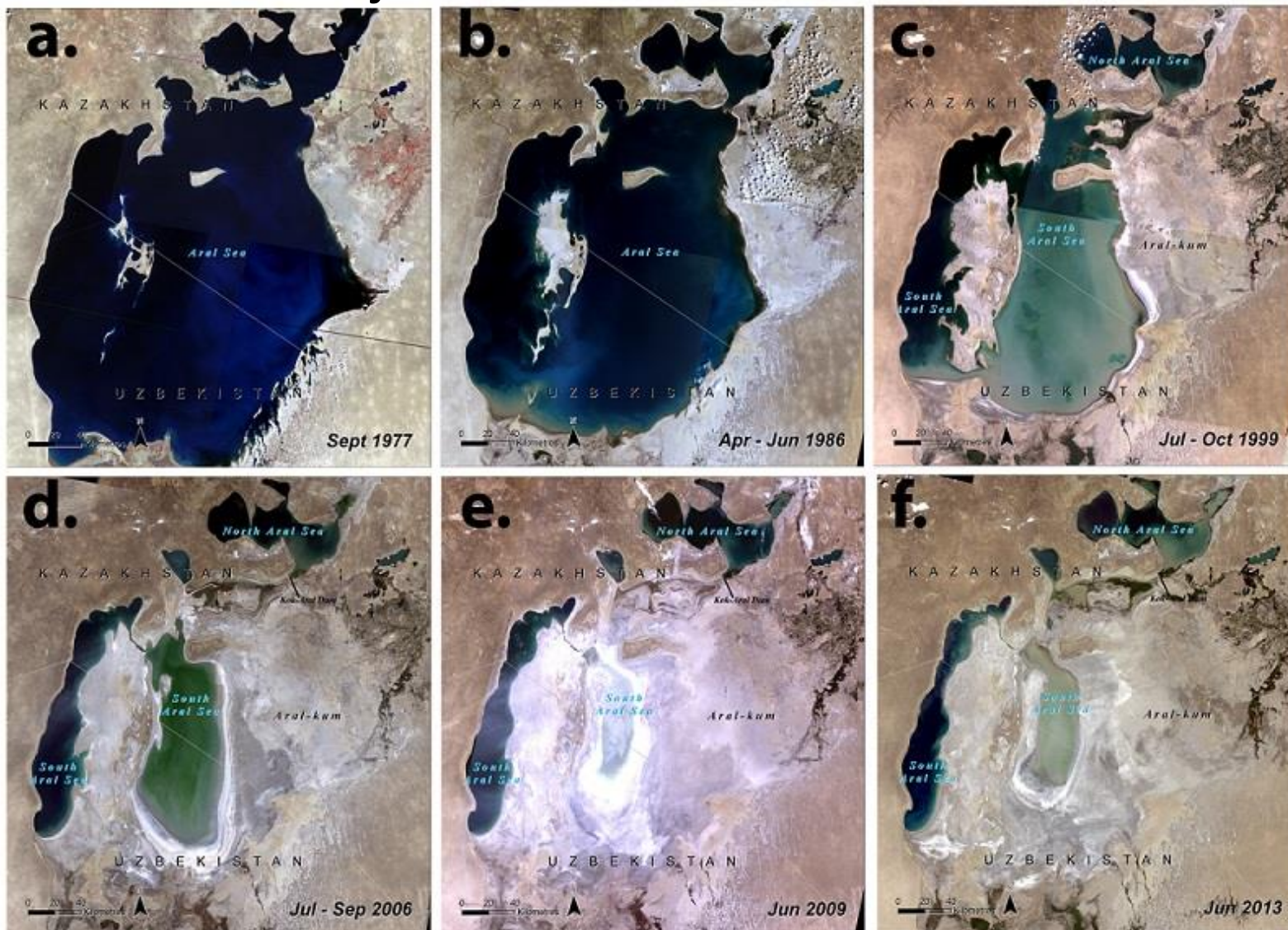
- otjecanje na kopnu je konačna veličina
- porast stanovništva i razvoj gospodarstva – voda je sve oskudniji resurs.

Ljudi mijenjaju hidrološke sustave → dolazi do reakcija koje povratno utječu na društvo i ekosustav.

Voda je ugrožena pojedinim društvenim djelatnostima:

- količinski: smanjenje prirodnih spremnika - ugroženi vodonosnici (pr. Aralsko jezero, podzemni vodonosnici)
- kakovosno; onečišćenje i smanjenje mogućnosti samočišćenja

Aralsko jezero



Izvor: <https://www.carecinstitute.org/>

Po površini 4. jezero svijeta više ne postoji; nastalo je 50.000 km² pustinje Aral Kum.

Voda je resurs koji ima gospodarsku vrijednost?
(neoliberalizam?)

→ pitanje vlasništva nad pojedinim pojavnim oblicima vode i distribucijom (pr. *Rat za vodu u Cochabambi 2000.*)

Pitanje prioriteta korisnika

→ voda ipak nije roba kao i svaka druga ali i njom se trguje – pr. Australije (trgovanje koncesijama, količinama)

→ voda na burzi!? - od 2020. voda je na burzi u SAD (Kalifornija)

Voda je potencijalni izvor sukoba

→ među potencijalnim načinima korištenja istog vodnog resursa i među različitim korisnicima istoga resursa (pojedincima, zajednicama, državama)

Hidrogeografski pristup

```
graph TD; A[Hidrogeografski pristup] --> B[Holistički pristup]; A --> C[Ekološki pristup];
```

Holistički pristup

→ voda je dio pokrajine, u kompleksnom odnosu s ostalim prirodnim elementima i društvenom nadgradnjom

→ idealna prostorna jedinica u upravljanju vodnim resursima je poriječje/slijev

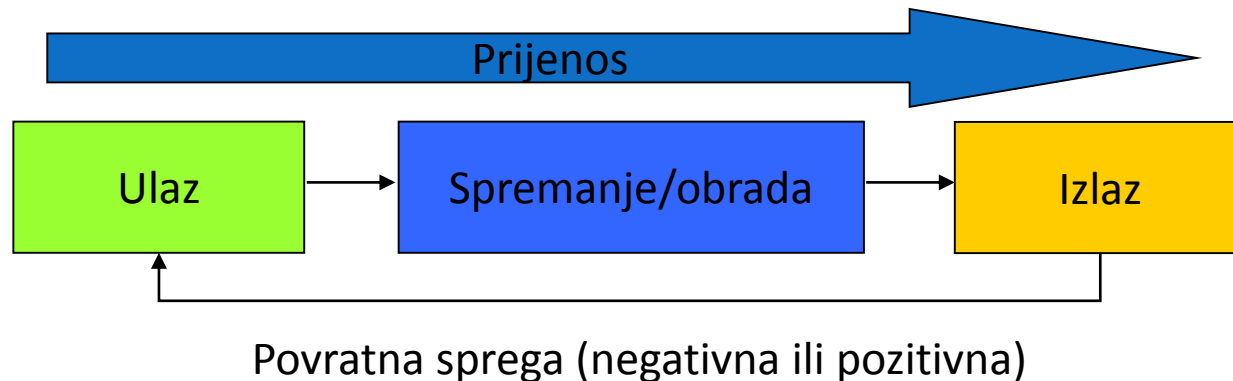
Ekološki pristup

→ odgovorno upravljanje tako da se smanje negativni učinci u krajoliku

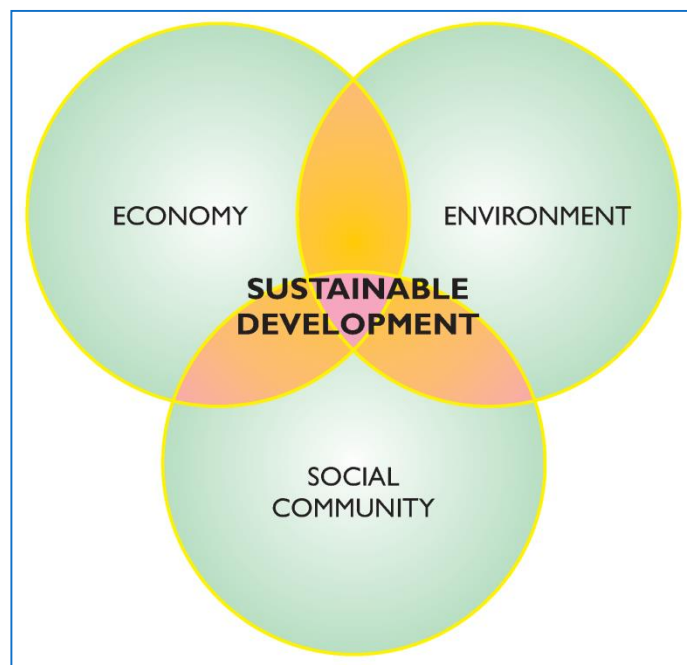
→ zaštita vodnih resursa, odnosno omogućavanje njihova obnavljanja i očuvanja za potrebe drugih vrsta i slijedećih generacija

Sustavski (sistemski) pristup

- na globalnoj razini hidrološki sustav je zatvoren sustav, ali manji prostorni sustavi kao što su poriječja *otvoreni su sustavi*; energija i materija (voda i sediment) ulaze i izlaze iz sustava
- potrebno je poznavati dijelove sustava i procese u njemu



Temeljno načelo u upravljanju (vodnim) resursima jest načelo **održivoga razvoja**! → uvažava činjenicu konačnosti i obnovljivosti vodnih resursa ali i potrebu razvoja!



Održivi razvoj = koji se može nastavljati jer ne iskorištava resurse brže nego što se oni prirodnim putem obnavljaju → to je u slučaju vodnih resursa načelno ostvarivo!

Kada je čovjek počeo značajnije koristiti vodne resurse?



Kada je čovjek počeo značajnije koristiti vodne resurse?

→ Prije 6000 godina u Sumeru (Mezopotamija) početci korištenja riječne vode za natapanje – prijelomnica u povijesti čovječanstva

→ stalna naseljenost, razvoj poljodjelstva, stvaranje viškova hrane, porast stanovništva, nastanak gradova, dioba rada, razvoj gospodarstva i trgovine, uprave i zakonodavstva, znanosti, obrazovanja...

→ Međutim, neadekvatno upravljanje vodnim resursima dovelo je do zaslanjivanja tla, gladi te uzrokovalo pad Sumera

Sposobnost šire uporabe vodnih resursa donosi blagostanje, ali istodobno jača pritisak na vodne resurse i zaoštavanje interesa oko korištenja vode.

→ U 20. st. bitno se povećalo korištenje kopnenih vodnih resursa - potražnja za vodom u zadnjih 100 g. porasla je 6 puta! (1-2 % godišnje)

→ gradnja velikih brana, HE, regulacija tekućica, melioracije, širenje natapanih površina, crpljenje vode iz podzemlja, turizam, urbanizacija, velika količina otpadnih voda...

U 21. st. se čovječanstvo suočava s tri glavna problema gospodarenja vodama:

a) osiguranje vode za rastuće i vodoopskrbno sve zahtjevnije stanovništvo (2022. 8 mlrd. --> 2050. 9,4-10,2 mlrd. + 2/3 će živjeti u gradovima)

b) utjecaj korištenja vode na vodne resurse i vodne ekosustave

c) očekivane promjene vodnih resursa zbog klim. promjena



Danas su regije svijeta suočene s vrlo različitim problemima povezanim s vodom; kao glavne probleme upravljanja vodnim resursima svijeta Chiras (još 1988.) navodi (a potvrđuju noviji izvori poput UN WWDR, 2018., Boretti i Rosa, 2019., WHO, 2019.):

- a) nedovoljna opskrba vodom - danas oko 50 % stan. živi u područjima/uvjetima gdje barem 1 mj. trpe nestašicu vode
- b) oko 3 mlrd. ljudi nema pristup osnovnim uvjetima (voda na bliže od 30 min. + osnovne sanitarne uvjete u kući)
- c) prekomjerno crpljenje vode iz podzemlja (30 % glavnih svjetskih podzemnih vodonosnika je ugroženo)

Danas su regije svijeta suočene s vrlo različitim problemima povezanim s vodom; kao glavne probleme upravljanja vodnim resursima svijeta Chiras (još 1988.) navodi (a potvrđuju noviji izvori poput UN WWDR, 2018., Boretti i Rosa, 2019., WHO, 2019.):

- d) onečišćenje površinske i podzemne vode (80 % otpadnih voda iz industrije i domaćinstva u svijetu se ispušta bez obrade)
- e) neprimjerena kakvoća pitke vode – 12 % stan. svijeta pije vodu nesigurne kvalitete (razvoj bolesti)
- f) poplave; erozija i sedimentacija
- g) regulacije rijeka i hidromelioracije vlažnih područja (u zadnjih 40 g. izgubljeno 40 % površine vlažnih područja)
- h) degradacija zaljeva, estuarija i obalnih voda uopće --> zaslanjenje priobalnih vodonosnika (rezultat litoralizacije)

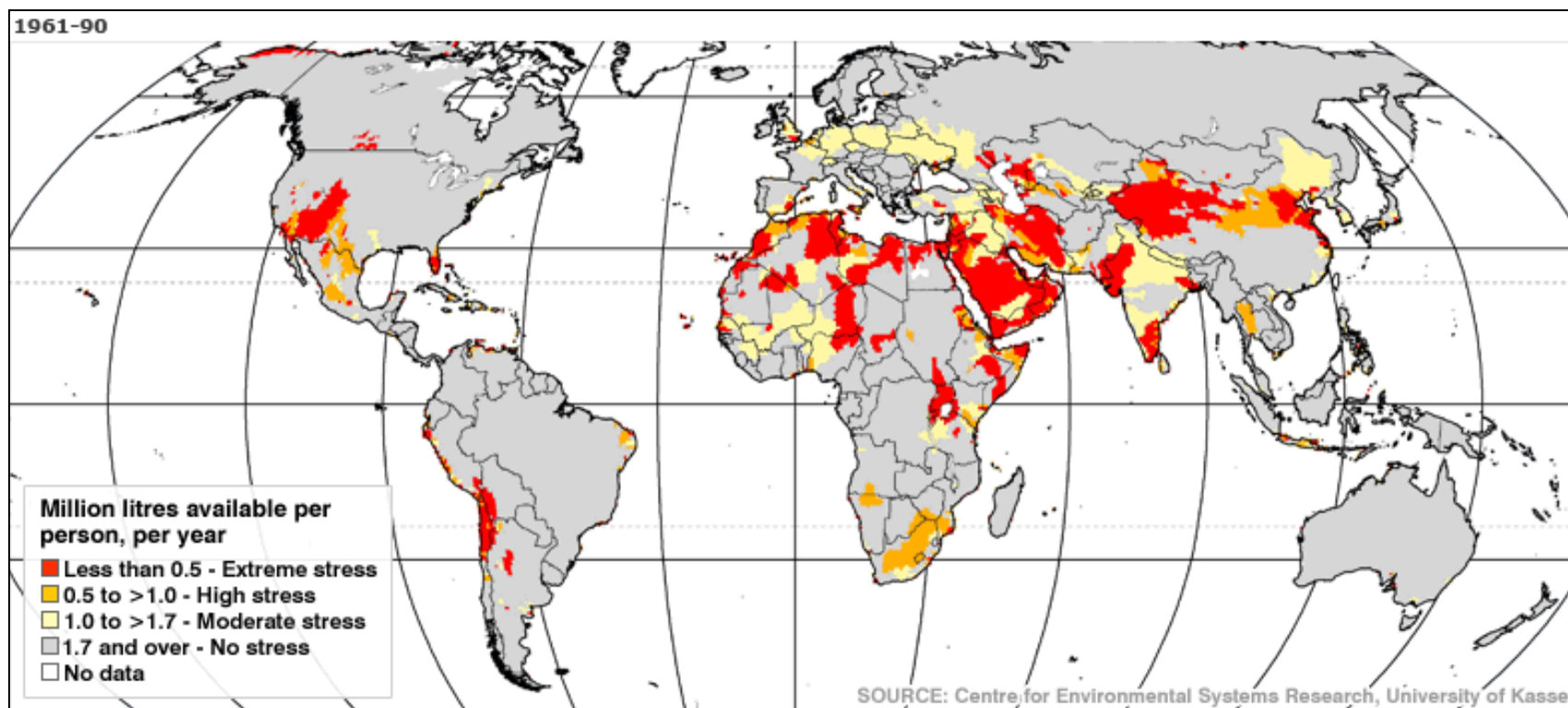
- Voda je obnovljiv prirodni resurs, a brzina samoobnove je granica njezine prirodne uporabe
- Tehnologija širi mogućnosti korištenja izvora vode, npr. desalinizacija; teorijski apsolutna granica je dakle ukupna količina vode na Zemlji

S praktične strane potrebno je razlikovati tri razine vodnoga resursa:

- a) sadašnja raspoloživost vodnog resursa - sadašnji stupanj korištenja
- b) sadašnji potencijal vodnog resursa - moguće korištenje s obzirom na raspoloživu tehnologiju
- c) budući potencijal vodnoga resursa - svi mogući oblici korištenja koje nije moguće točno definirati

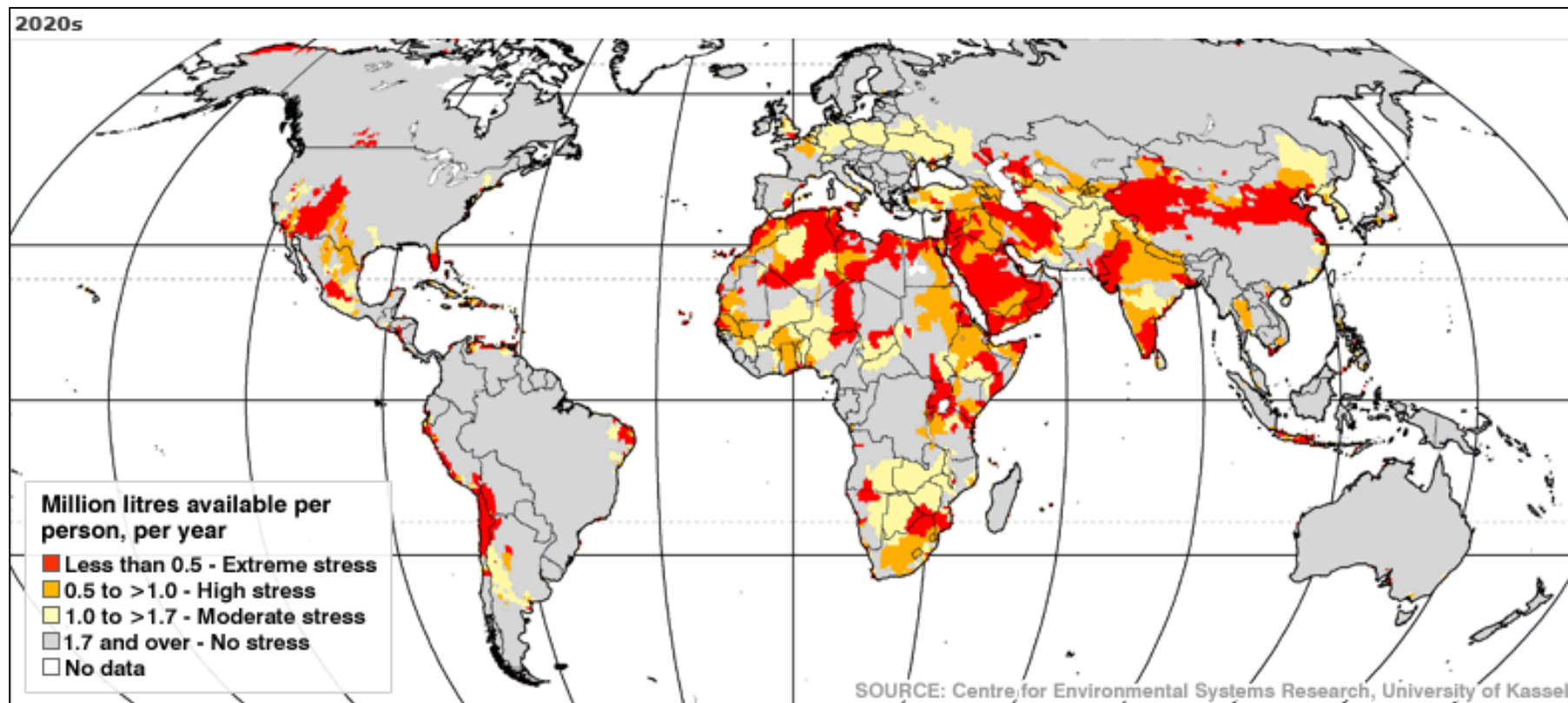
Najsiromašniji suočeni s vodom krizom

Jučer po poriječjima i slijevovima:



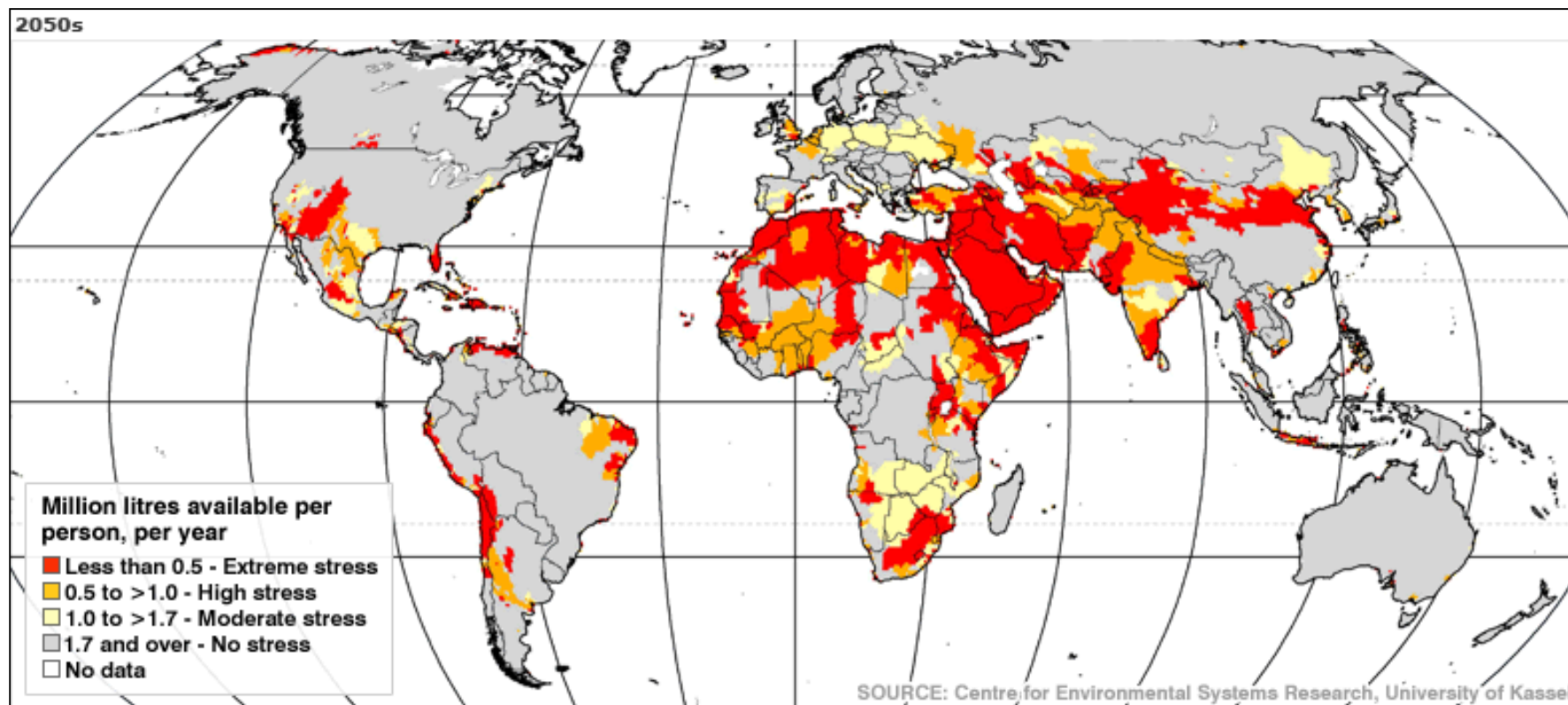
S vodnom krizom suočeni najsiromašniji

Danas:

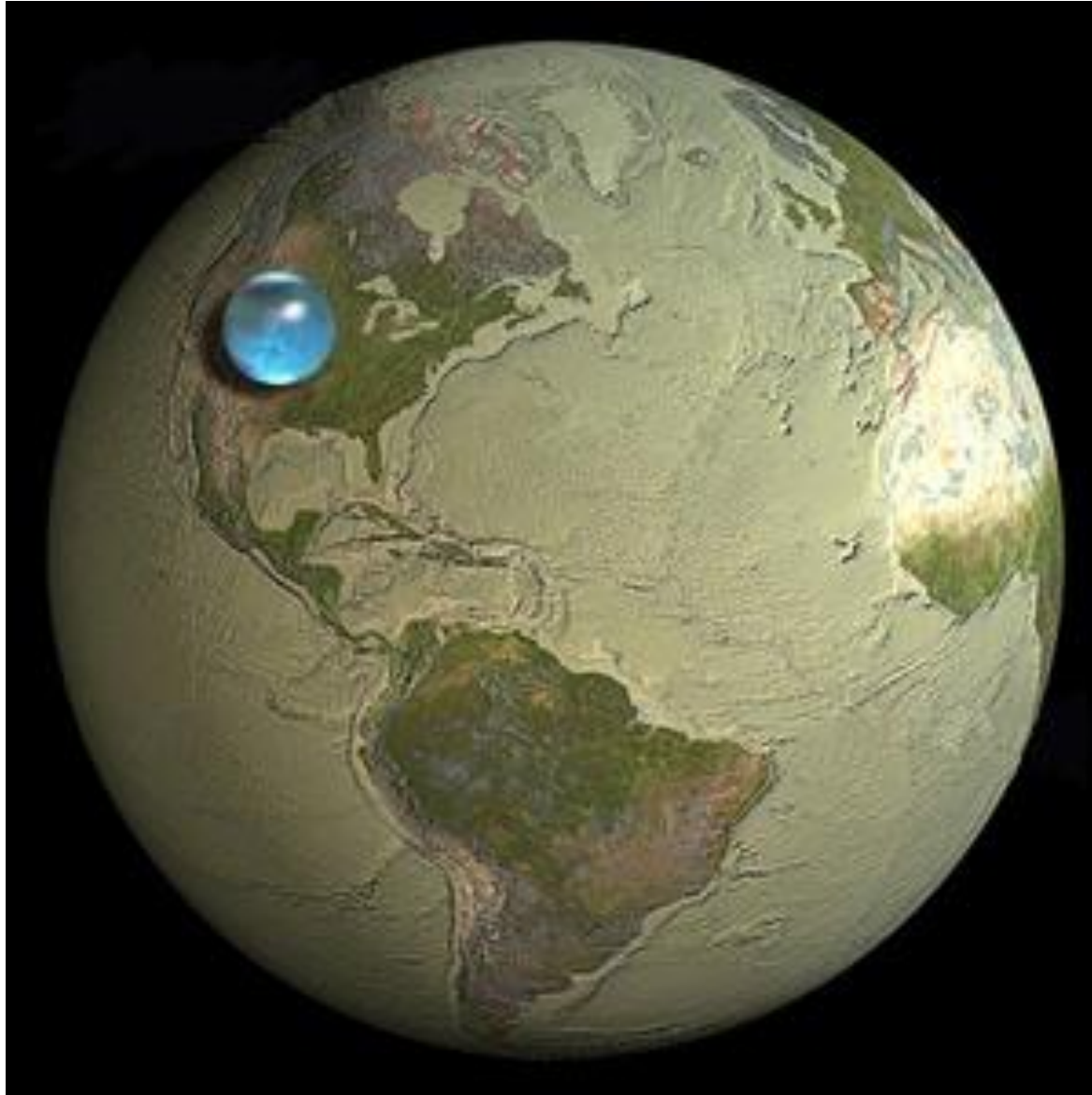


S vodnom krizom suočeni najsiromašniji

Sutra:



Koliko je vode na Zemlji?



Koliko je vode na Zemlji?

Ukupno 1,4 milijarde km³ (1/800 volumena Zemlje, 71 % površine)

Sfera / - pojavni oblik	Količina vode (10 ³ km ³)	Udio od sve vode na Zemlji (%)	Sferna dubina (m)
ATMOSFERA			
- vodena para, oblaci	12,90	0,001	0,025
HIDROSFERA			
- more	1 338 000,00	96,54	2624
- rijeke	2,12	0,0002	0,004
- slatka jezera	91,06	0,0066	0,35
- slana jezera	85,40	0,0062	
- močvare	11,47	0,0008	0,025
- led i snijeg u polarnim krajevima	24 023,50	1,73	47,2
- led i snijeg izvan pol. krajeva	40,6	0,0030	
LITOSFERA			
- vlaga u tlu	16,50	0,0012	0,03
- slatka voda u podzemlju	10 530,00	0,760	45,9
- slana voda u podzemlju	12 870,00	0,928	
- permafrost	300,00	0,022	0,59
BIOSFERA			
- voda u organizmima	1,12	0,0001	0,002

Koliko je vode na Zemlji ?

Ukupno 1,4 milijarde km^3 (1/800 volumena Zemlje, 71 % površine)

Promjer sfere 1385 km

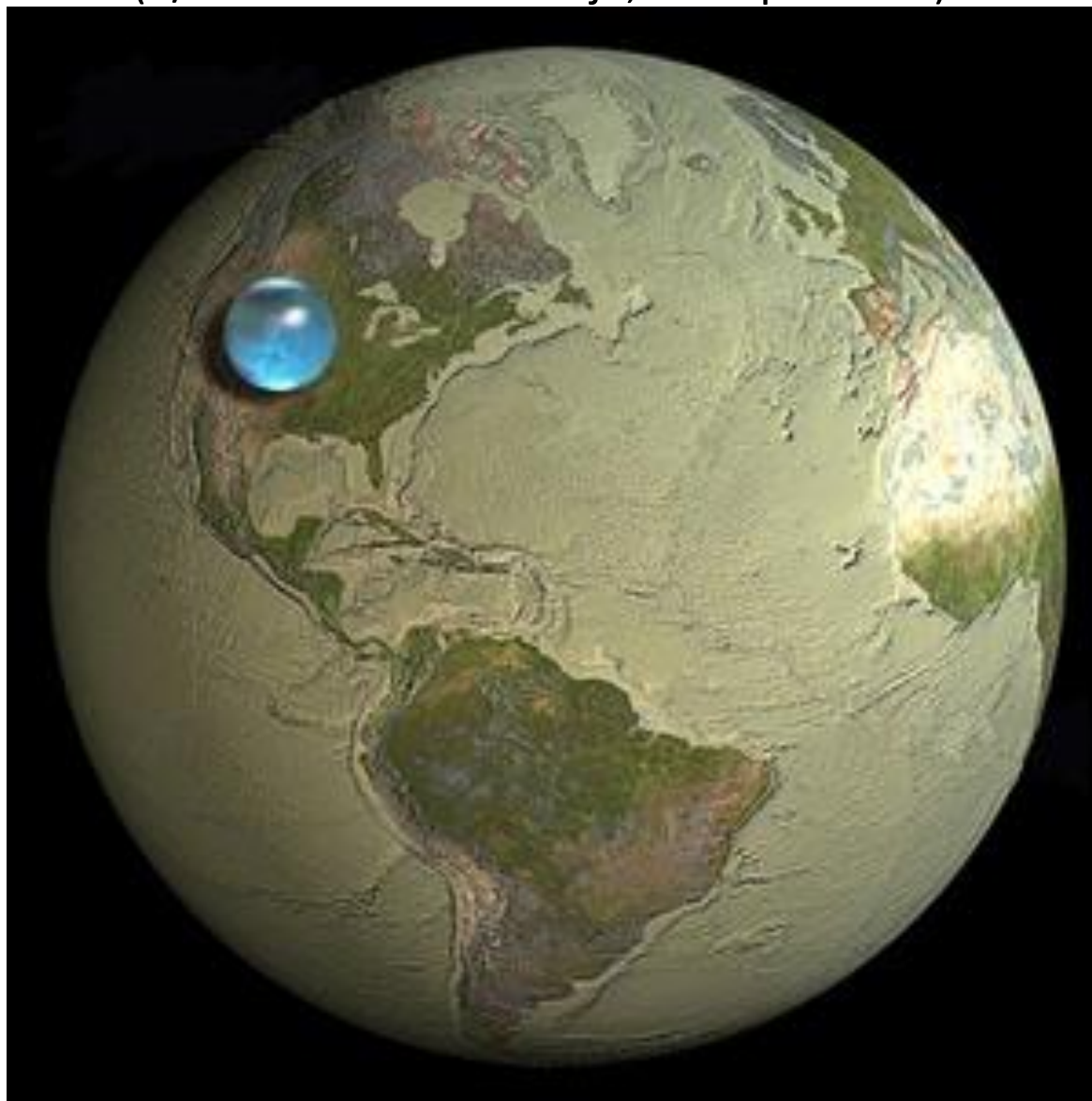
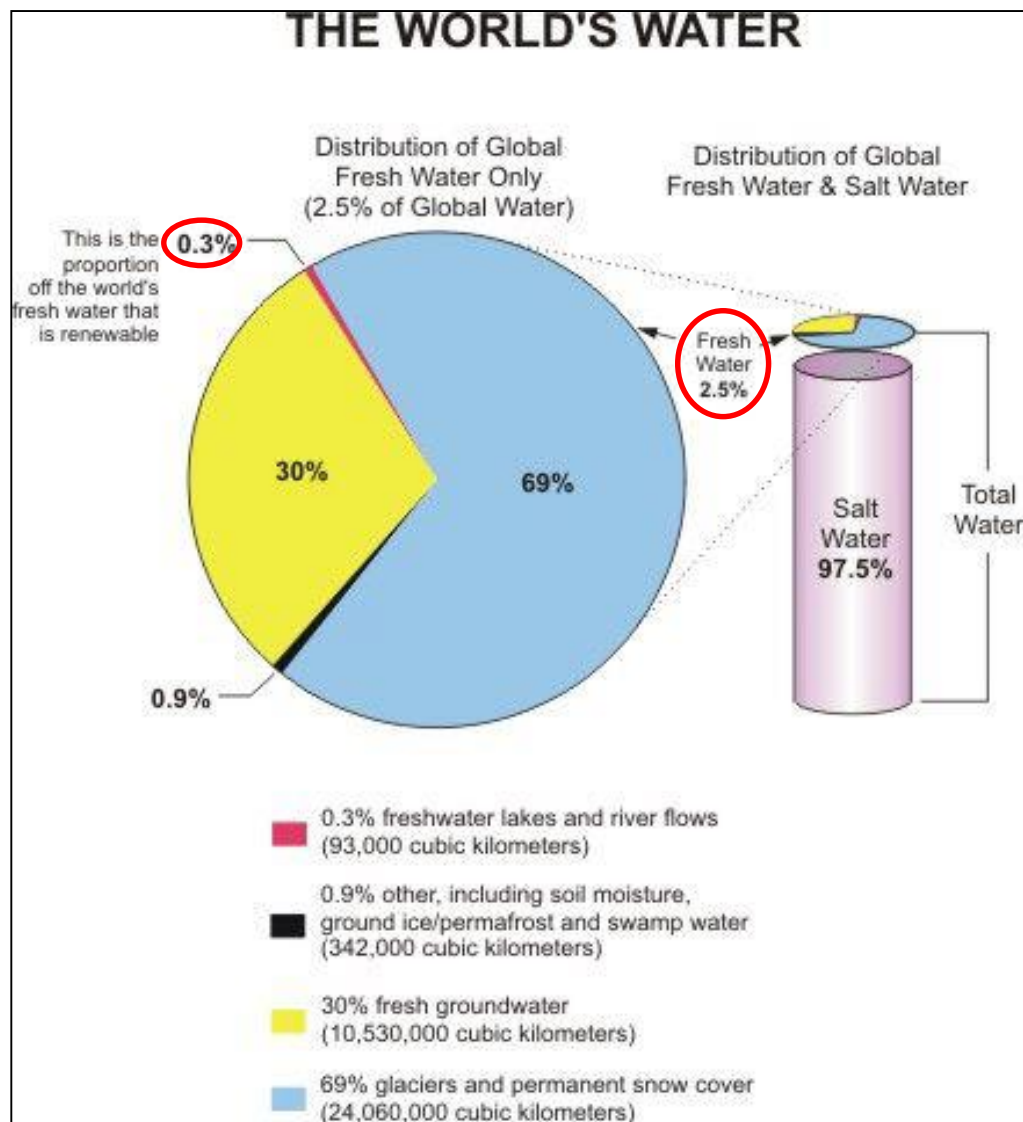


Illustration by Jack Cook,
Woods Hole
Oceanographic Institution;
USGS,
Prema podacima
Shiklomanova, 1993.

Koliko je slatke vode na Zemlji ?



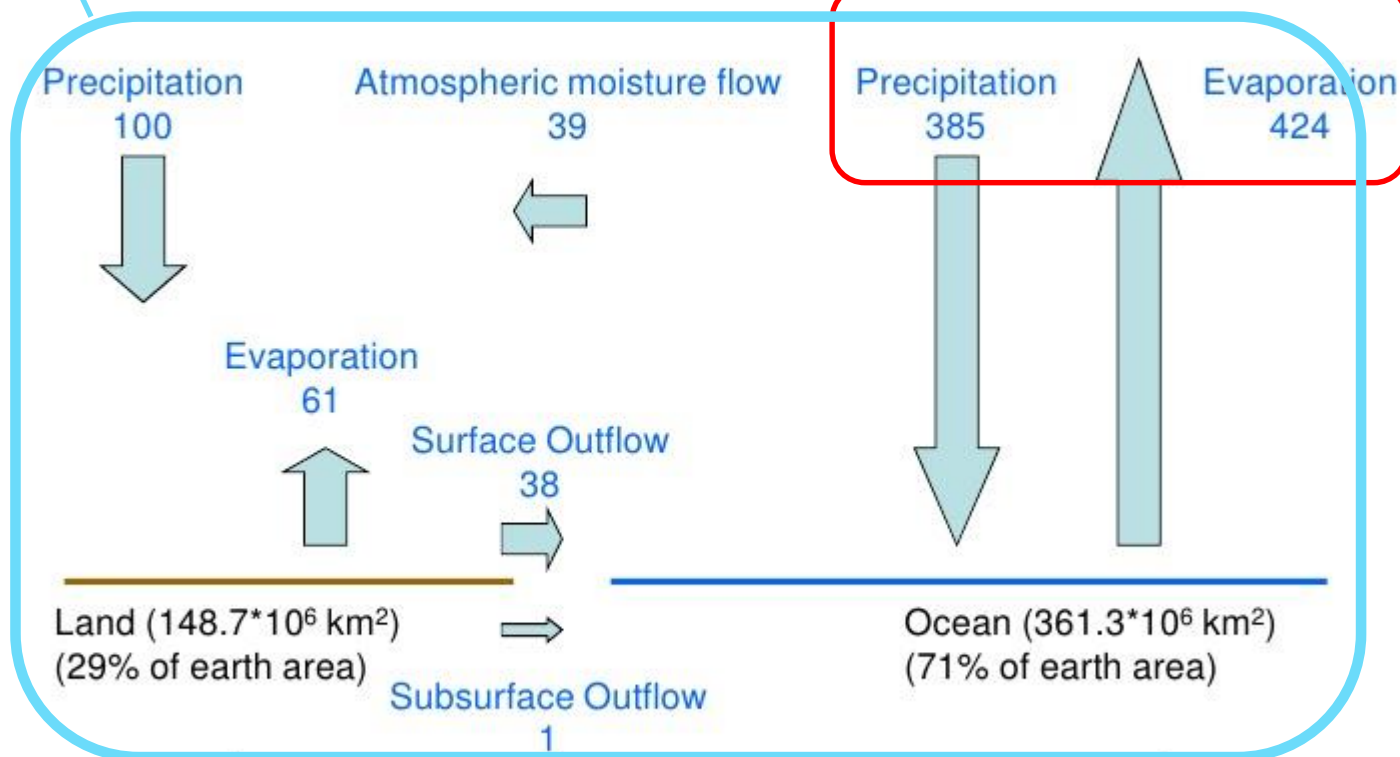
Kruženje vode u prirodi

Veliki hidrološki ciklus

- hidrološki ciklus

Mali hidrološki ciklus

Global Water Balance (Volumetric)

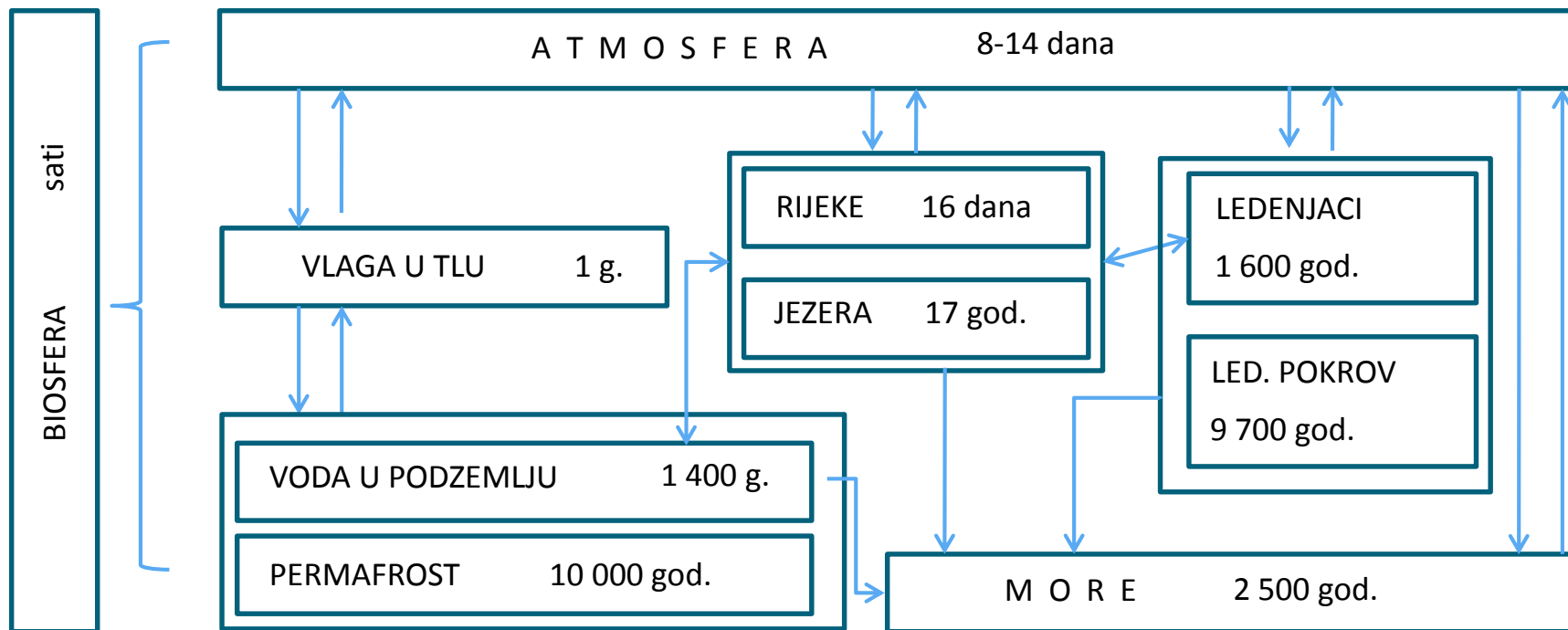


Units are in volume per year relative to precipitation on land (119,000 km³/yr) which is 100 units

Slatka voda – obnovljiv resurs

- Vrijeme obnove = vrijeme koje je potrebno da se izmijeni sva voda nekog pojavnog oblika (tekućina, led, u tlu...)
- Sposobnost samočišćenja u mnogome ovisi o vremenu obnove.
- Zbog hidrološkog ciklusa, samo teorijski, na raspolaganju (od 1,4 mlrd. km^3) je 47 000 km^3 slatke vode na godinu koju treba “uhvatiti” na njezinu putu od kišne kapi iznad kopna u otjecanju sve do mora → Ta je količina maksimum, koji dugoročno gledano, mogu za svoj opstanak koristiti sva živa bića na Zemlji (ne samo čovjek!).
- Čovječanstvo je na početku 21. st. godišnje zahvaćalo oko 4 000 km^3 vode, dakle ni 10% otjecanja s kopna, ali trećinu ($1/3$) lakše dostupnih raspoloživih zaliha!

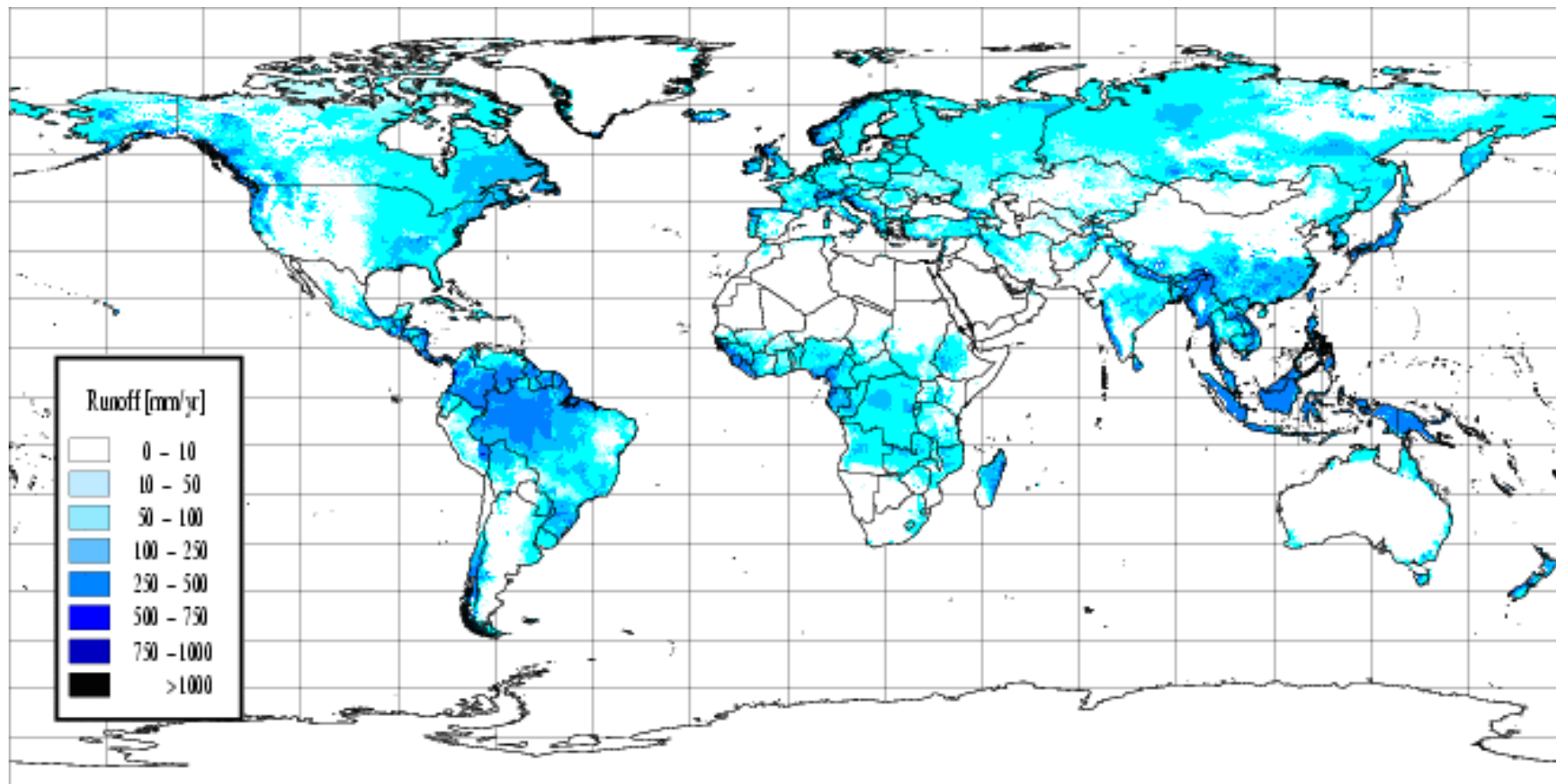
- Spособnost samočišćenja u mnogome ovisi o vremenu obnove.



vrijeme obnove

Prema Plut, 2000., preradio i dopunio Orešić, 2010.

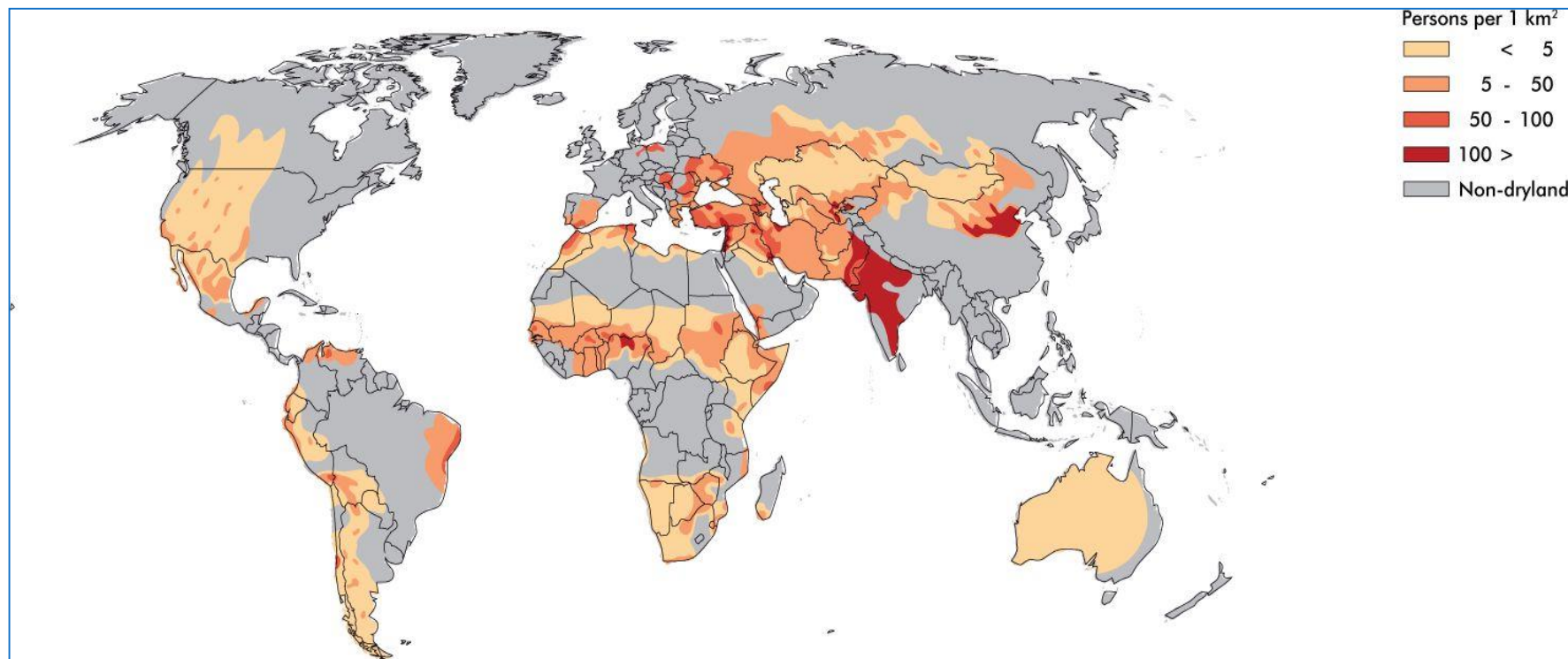
Otjecanje je neravnomjerno u prostoru i vremenu



Izvor: <http://www.grdc.sr.unh.edu>

Otjecanje je neravnomjerno u prostoru i vremenu

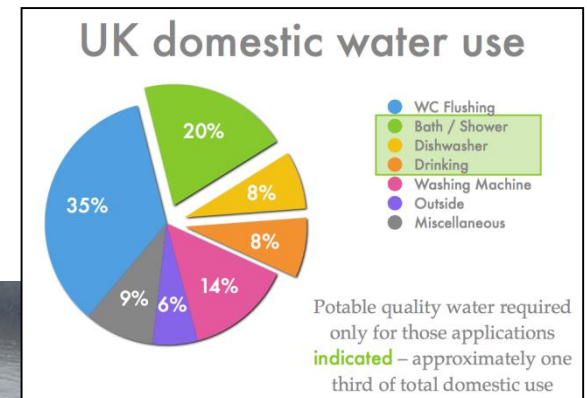
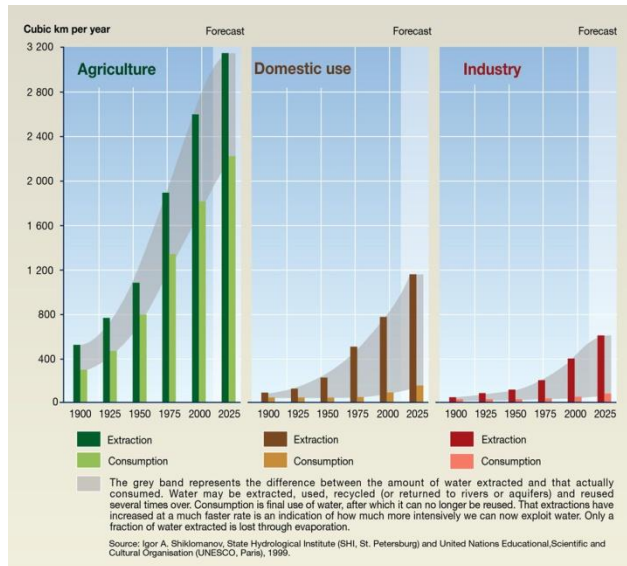
Gustoća naseljenosti sušnih krajeva svijeta



PAUZA!?

**Time
Out**

Zahvaćanje vode u svijetu i glavne skupine korisnika zahvaćene vode

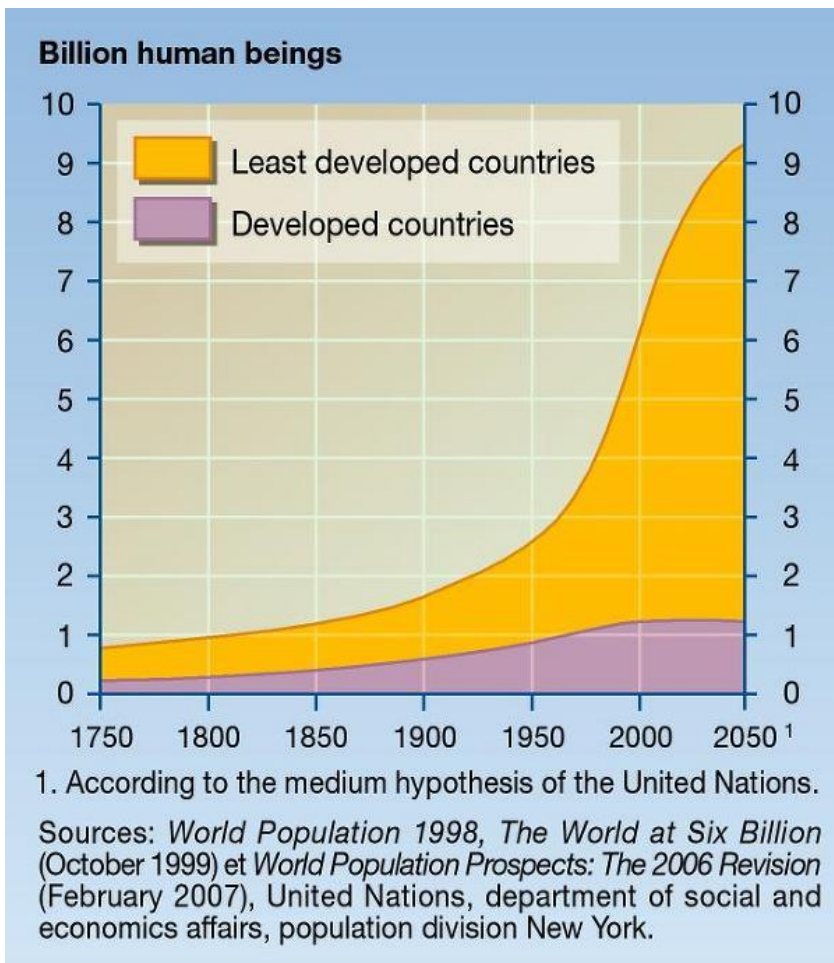


Vidi: Plut - 29.-39. i
Mayer - 128.-138. str.
FAO, UNDP, HDP

Zahvaćanje vode u svijetu

i glavne skupine korisnika zahvaćene vode

- Slatka voda - obnovljiv ali konačan resurs!



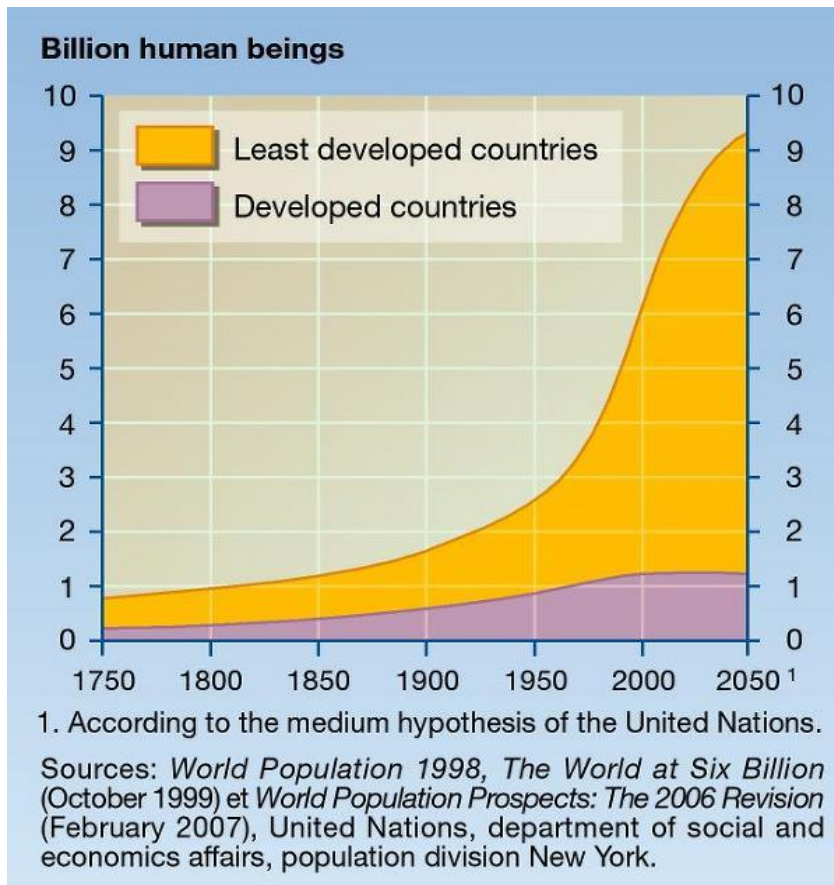
Zahvaćanje vode stalno raste kao posljedica:

- a) rasta svjetskog stan. (više vode, hrane i energije)
- b) rasta uporabe vode po stanovniku (poljoprivreda, industrija, domaćinstva) – rast BDP-a

U idućih 50 g. smanjenje vodnih resursa po stan. za više od trećine.

Zahvaćena voda

Traore (1992.) izračunava nosivost Zemlje s obzirom na dostupnu vodu na 12 milijardi stan., a to se može očekivati krajem 21. st.



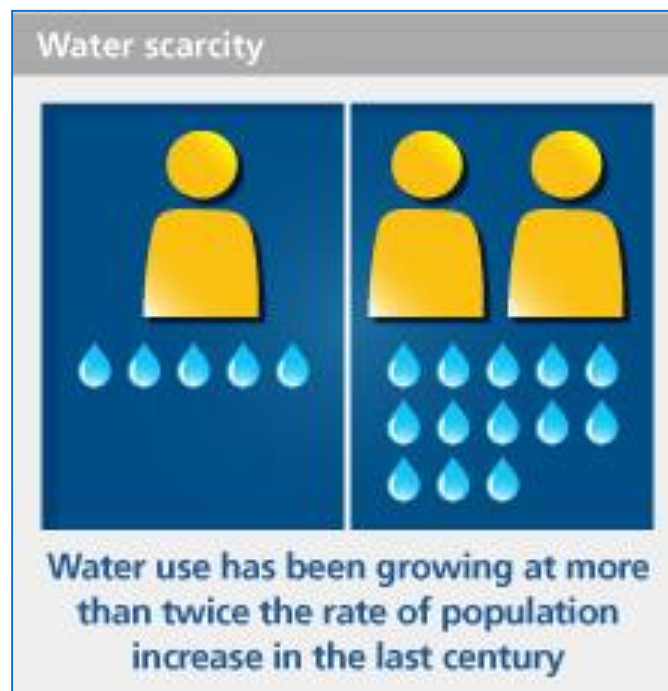
- 21 st. je “stoljeće vode”, u kojem će ona biti u središtu svj. gospodarskih i političkih pitanja
- Kriza vode svoje pravo lice pokazuje u zemljama “trećeg” svijeta

Zahvaćena voda

- Godine 2000. oko 57% svjetskog zahvata slatke vode i **oko 70% svjetske potrošnje slatke vode ima Azija.**
- U budućnosti se očekuje da će svjetsko zahvaćanje slatke vode **rasti po stopi od 10 do 12% svako desetljeće**, te da će dosegnuti oko 5 240 km³ (indeks 138 u odnosu na 1995. g.) 2025 godine (UNESCO, 1999.).
- Očekuje se da će najintenzivnije porasti zahvaćanje vode u **Africi i Južnoj Americi** (1,5 do 1,6 puta u odnosu na 1995.), dok će najmanji rast zahvaćanja vode biti u **Europi i Sjevernoj Americi** (1,2 puta).

Zahvaćena voda

- Zbog povećanja stanovništva i poljoprivredne potrošnje **smanjuje se godišnja količina** obnovljive slatke vode po stanovniku u svijetu; godine 1850. iznosila je oko 33000 m³/stan/god. (računajući na ukupno otjecanje), 1990. oko 7 700 m³/stan/god., a 2010. svega oko 3 800 m³/stan/god.



Iskazivanje obnovljivih vodnih resursa (FAO Aquastat statistika)

- Pri razmatranju obnovljivih vodnih resursa potrebno je poznavati pojmove:
- **Internal Renewable Water Resources (IRWR)**
Unutrašnje obnovljive zalihe slatke vode
- $IRWR = R + I - (Q_{out} - Q_{in})$
- **R** (surface runoff) = površinsko otjecanje određeno padalinama unutar razmatranog područja; **I** = (groundwater recharge) obnova temeljnice određena padalinama unutar razmatranog područja; **Q_{out}** = otjecanje temeljnice u korita (tipično bazno otjecanje); **Q_{in}** = otjecanje iz korita u podzemlje

Iskazivanje obnovljivih vodnih resursa (FAO Aquastat statistika)

- **Internal Renewable Water Resources (IRWR)**

Unutrašnje obnovljive zalihe slatke vode

- IRWR jest površinsko i podzemno prosječno godišnje otjecanje određeno padalinama unutar granica države (ili razmatrane regije) umanjeno za preklapanje (overlap; bilanca između vode u koritu i podzemlju; naime obično zbrajanje površinskog i podzemnog otjecanja dovelo bi tipično do određenog preuveličavanja obnovljivih izvora - overlap je veći u humidnim krajevima

Iskazivanje obnovljivih vodnih resursa (FAO Aquastat statistika)

- **External Renewable Water Resources (ERWR)**

Vanjske obnovljive zalihe vode, mogu biti
“prirodne” i “stvarne”

- **ERWR natural** = $SW_{in} + SW_{pr} + SW_{pl} + G_{win}$

- SW_{in} = površinske vode koje utječu u državu (regiju); SW_{pr} = pripadajući dio otjecanja pograničnih rijeka; SW_{pl} = pripadajući dio vode pograničnih jezera; G_{win} podzemne vode koje utječu u državu (regiju)

- **ERWR actual** = $SW_{in1} + SW_{in2} + SW_{pr} + SW_{pl} - SW_{out} + G_{win}$

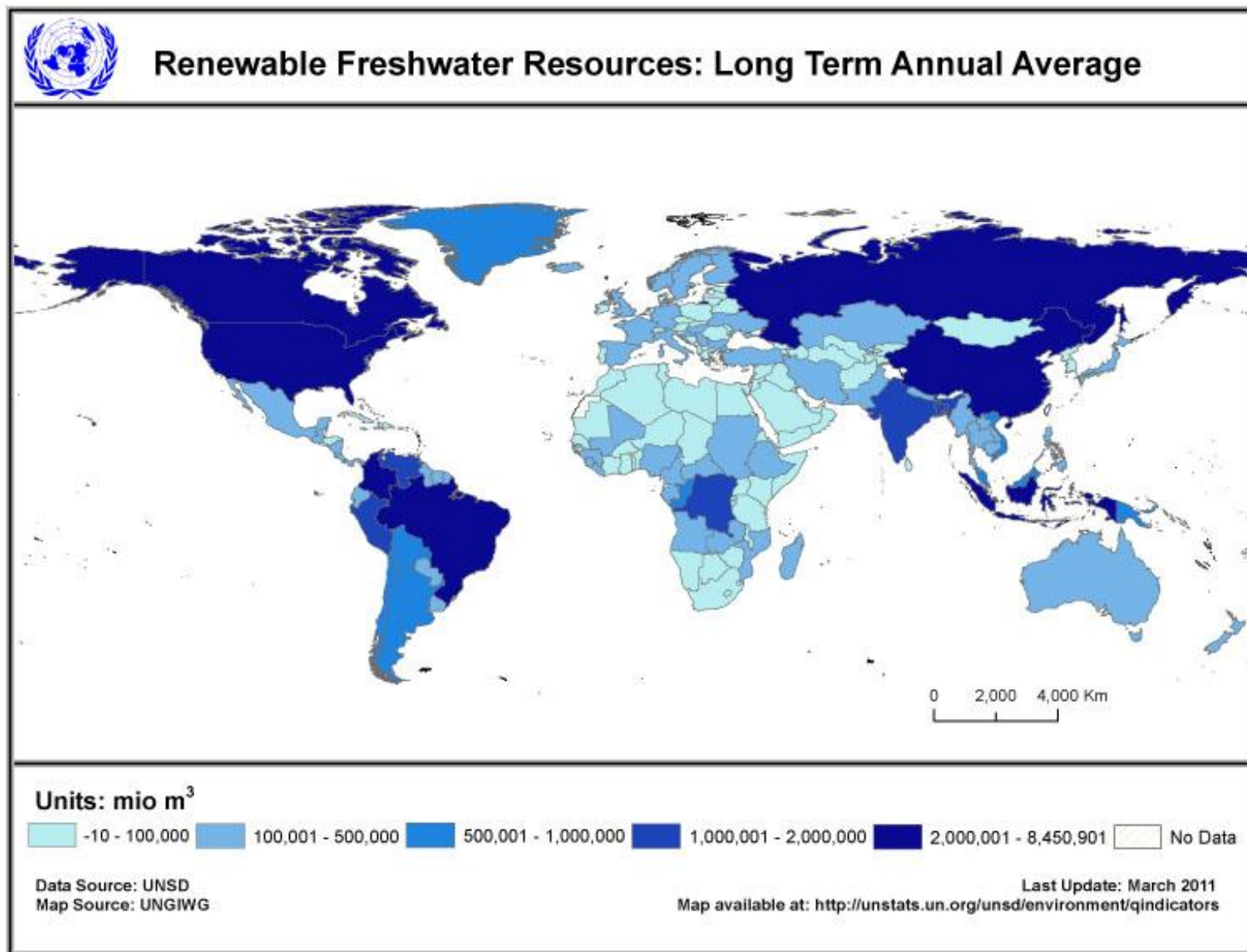
- SW_{in1} = površinske vode koje utječu u državu i ne podliježu ugovorima; SW_{in2} = površinske vode koje utječu u državu osigurane ugovorima; SW_{out} = površinske vode koje otječu iz države ugovorno rezervirane za nizvodne države

Iskazivanje obnovljivih vodnih resursa (FAO Aquastat statistika)

- U statistici po državama najčešće se iskazuje **TRWR** (Total Renewable Water Resources) i to apsolutno u prostornim metrima i relativno u prostornim metrima po stanovniku.
- Ukupne obnovljive zalihe vode, također mogu biti prirodne i stvarne
- $TRWR_{natural} = IRWR + ERWR_{natural}$
- $TRWR_{actual} = IRWR + ERWR_{actual}$

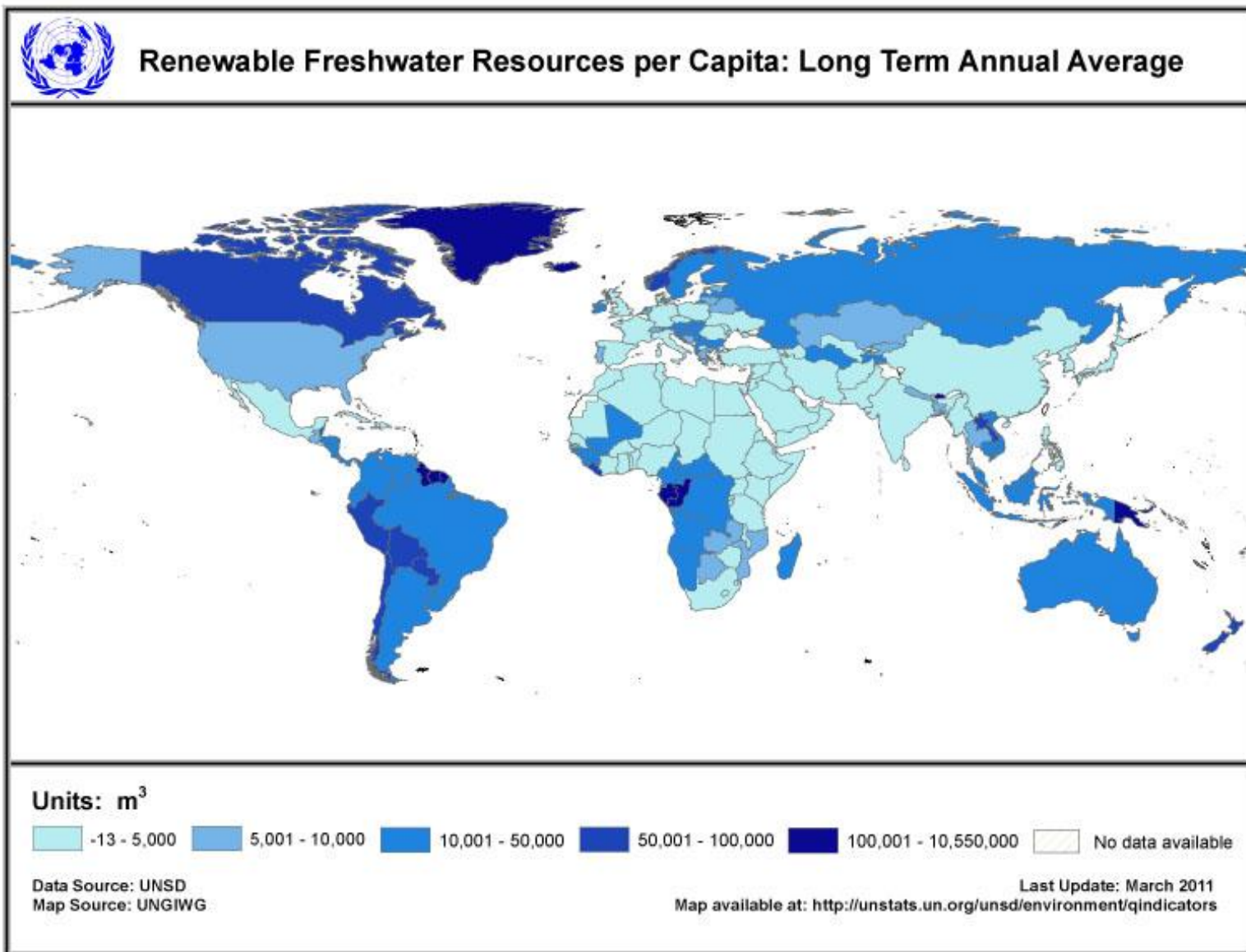
Na razini država (regija) velike razlike

- TRWR



Na razini država (regija) velike razlike

- TRWR u m³/stan./god.



Raspon od
0 (Bahrein)
do 10,5 mil.
(Grenland)
ili 0,5 mil.
(Island,
Francuska
Gvajana)

Na razini država (regija) velike razlike

- Kad je riječ o vodoopskrbi u najširem smislu računa se: (HDR, UNDP, 2006., prema Falkenmarkinom indikatoru vodnog stresa, Falkenmark & Lindh, 1976.)
 - $< 500 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$ – zemlje izrazito oskudne vodom (**absolutely water-scarce countries**)
 - $500 - 1000 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$ – zemlje oskudne vodom (**water-scarce countries**)
 - $1000 - 1700 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$ – zemlje u vodnom stresu (**water stressed countries**); granica od $1700 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$ smatra se konvencionalno minimumom potrebnim za poljoprivredu, industriju i energetiku te potrebe okoliša.
 - $1700 - 2500 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$ – vodno ranjive zemlje (**water vulnerable**)
 - prema Mayeru, 2004. za zemlje s više od $10000 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$ možemo smatrati da obiluju vodom.

Na razini država (regija) velike razlike

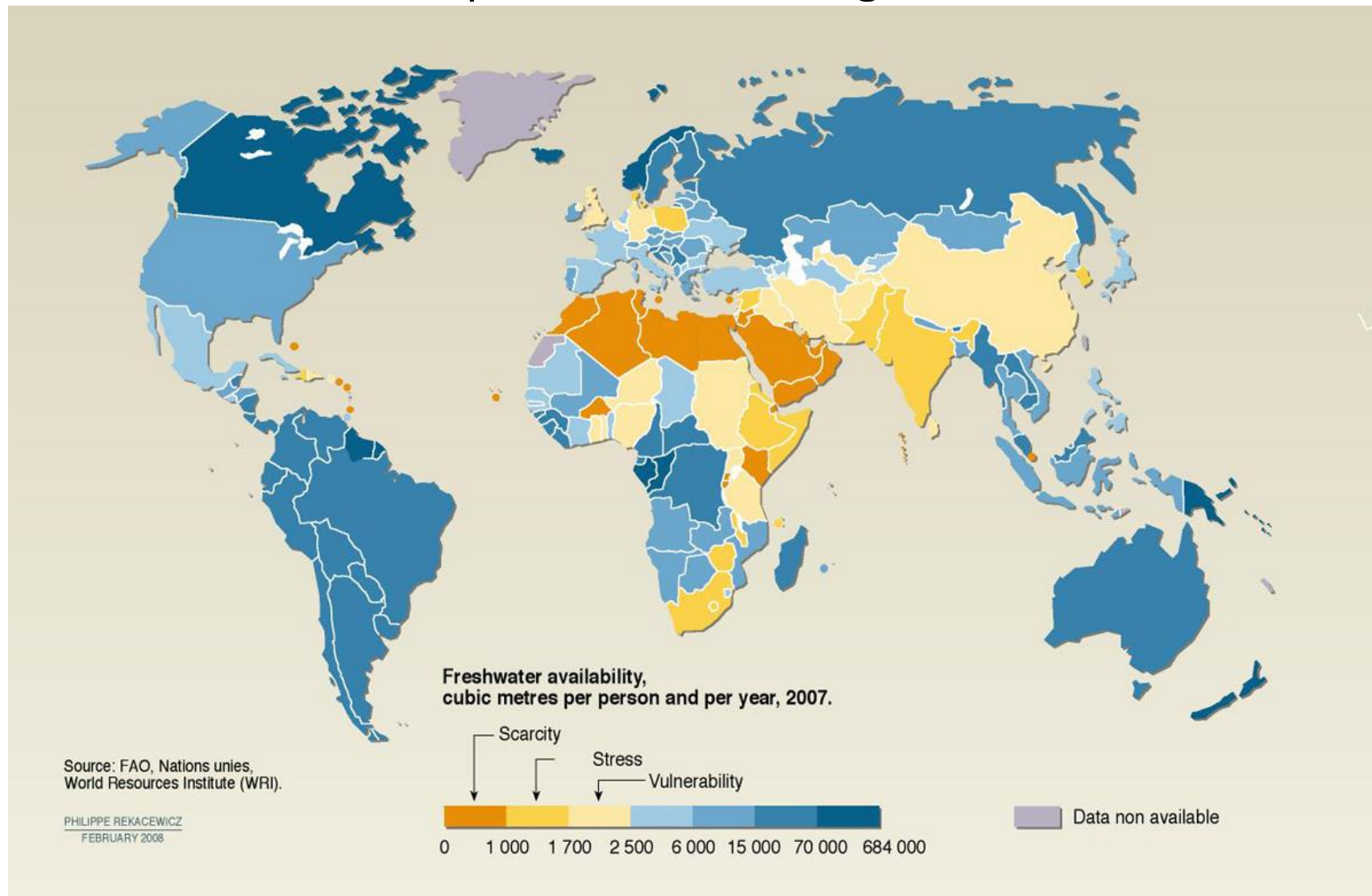
- Prema navedenim granicama:
- **700 milijuna ljudi živi u uvjetima vodnoga stresa**, odnosno vodne oskudice tj. u 43 zemlje s vodnim resursima ispod $1700 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$
- Procjenjuje se (HDR, 2006.) da će uz sadašnje trendove **2025. godine** taj broj narasti na **3 mlrd** ljudi.
- Najstresnije područje je područje **Bliskoga Istoka i afričko Sredozemlje**. Iako su neke zemlje iznad praga $1700 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$ (Irak, Iran, Sirija, Turska), većina ih je i ispod $500 \text{ m}^3/\text{stan.}/\text{god.}$

Na razini država (regija) velike razlike

- U subsaharskoj Africi četvrtina stanovništva živi u zemljama pod vodnim stresom.
- Zabrinjava situacija u Aziji, a posebice u mnogoljudnoj Indiji koja je ušla u grupu zemalja u vodnom stresu, te u Kini koja će se ubrzo priključiti ovoj grupi zemalja.
- Regionalne razlike velike su unutar pojedinih zemalja, npr. u Kini već oko 40% stanovništva koje živi na sjeveru raspolaže sa samo 14% vodnih resursa zemlje.
- U monsunskoj Aziji prosjek je zamaskirao situaciju u kojoj velika većina padalina padne samo u 100-njak sati.

S vodnom krizom suočeni najsiromašniji

- Po državama to početkom 21. st. izgleda ovako:



• Najveći potrošač vode u svijetu je:

a) industrija

b) poljoprivreda → oko 70 % ukupne i 90 % potr. pitke vode!

c) kućanstva i javne službe

d) turizam



Zahvaćena voda

- Globalno, najviše je zahvaćene vode **za poljoprivredu (70%)**, ponajprije za natapanje (18% obrađenih površina, oko 50% vrijednosti svjetske poljodjelske proizvodnje). U Africi i Aziji preko 80% zahvaćene vode koristi se u poljoprivredi.
- Globalno, **industrija (s energetikom)** koristi oko **20%** zahvaćene vode, najviše za hidroakumulacije (> 60%). Europa i Sjeverna Amerika koriste oko 50% zahvaćene vode za industriju i energetiku.

Zahvaćena voda

- Glede komunalne potrošnje, u visokorazvijenim zemalja potroši se oko 10 puta više vode (500-800 l/dan/stan,. ili oko 300 m³/god./stan) nego u slabo razvijenim zemljama (60-150 l/dan/stan,. ili oko 20 m³/god./stan).

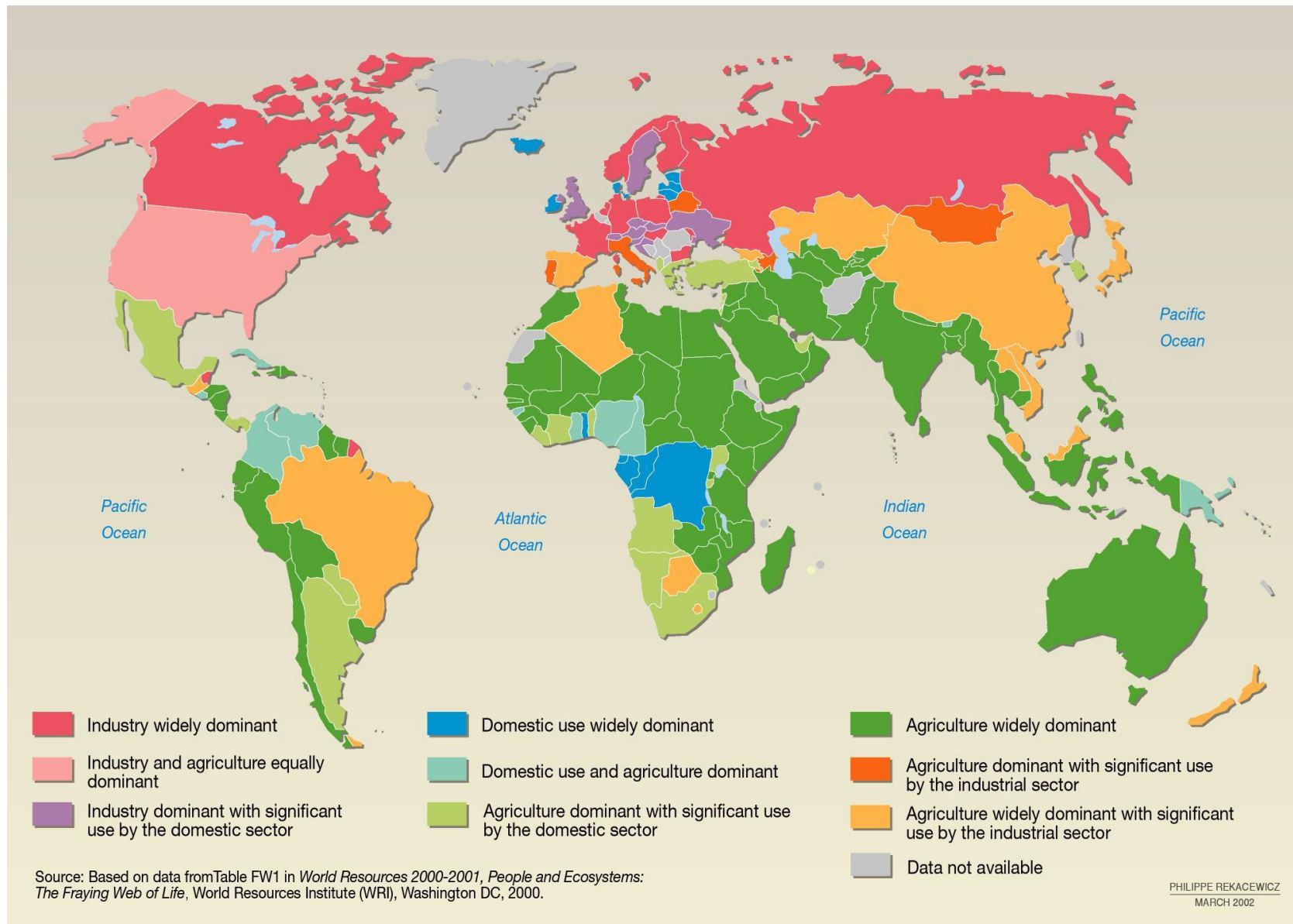
Zahvaćanje vode u svijetu početkom 21. st.

Područje	Ukupno zahvaćena slatka voda (km ³ /god)	Zahvaćena slatka voda prema namjenjenom sektoru potrošnje (%)			Udio zahvaćene vode od obnovljive vode (%)
		Poljoprivreda	Industrija	Komunalije	
Europa	418	32	53	15	6,3
Azija (bez Rusije)	2378	81	11	7	20,5
Afrika	217	86	4	10	5,5
S. Amerika	525	39	48	13	8,4
Latinska. Amerika	265	71	10	19	14,4
Australija i Oc.	26	72	10	18	1,5
UKUPNO SVIJET	3830	70	20	10	8,8

Prema Agnew & Woodhouse, 2011.; Izvori: FAO-AQUASTAT database, 2009., Molden, 2007.

Zahvaćena voda

- Tipovi zemalja prema sektorskom korištenju zahvaćene slatke vode

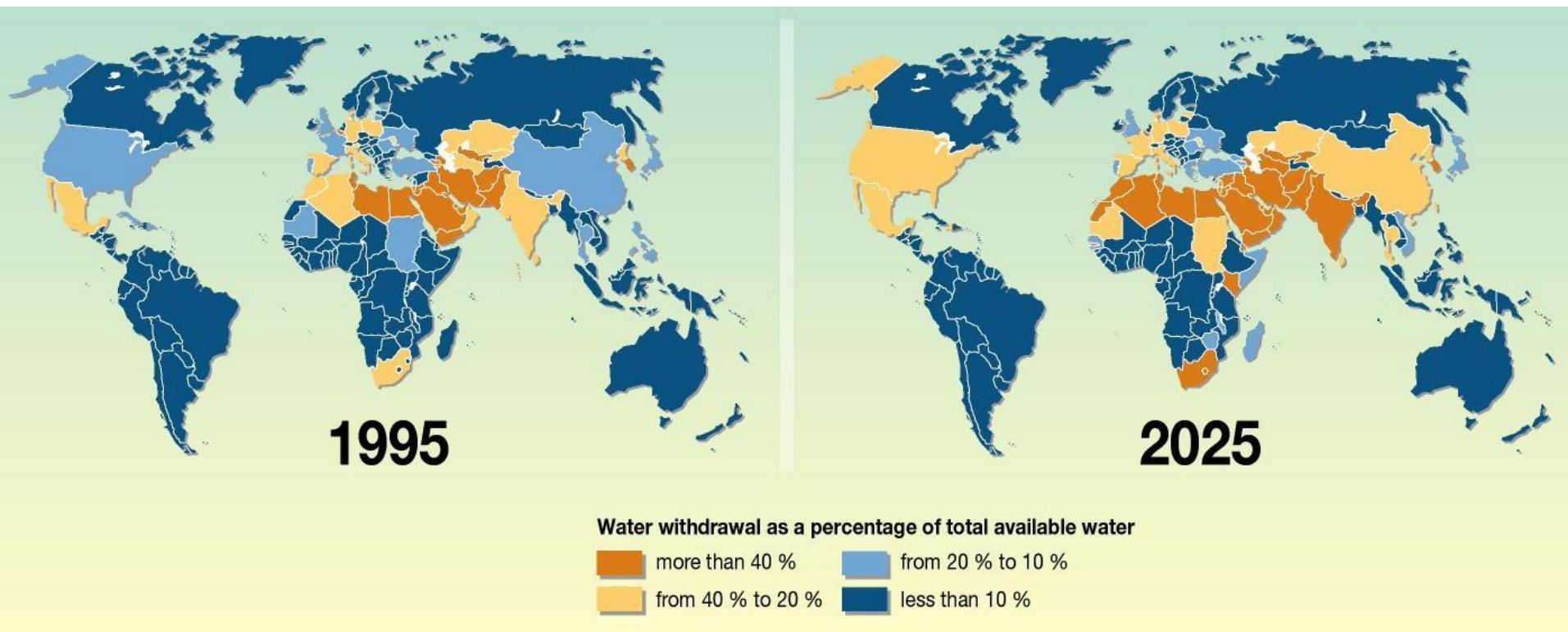


Prekomjerno zahvaćanje

- Glavna **opasnost** po zemlje je **prekomjerna uporaba** vlastitih vodnih resursa , a strateški je izrazito nepovoljna ovisnost o vanjskim vodnim resursima.
- Prekomjerno zahvaćanje nastoji se prikazati različitim pokazateljima (više njih se zove vodnim stresom). Jedan od njih je pokazatelj vodnog stresa (**water stress index WSI, također indicator of water scarcity IWS**) kao udio zahvaćene vode od ukupno obnovljivih zaliha.
- Prekomjerno zahvaćanje uzrokuje probleme u **kvantitativnom smislu** (prekomjerno iskorištavanje i čak gubitak akvifera, presušivanje tekućica itd.) i **kvalitativnom smislu** (eutrofikacija, prodor slane vode itd.).

Prekomjerno zahvaćanje

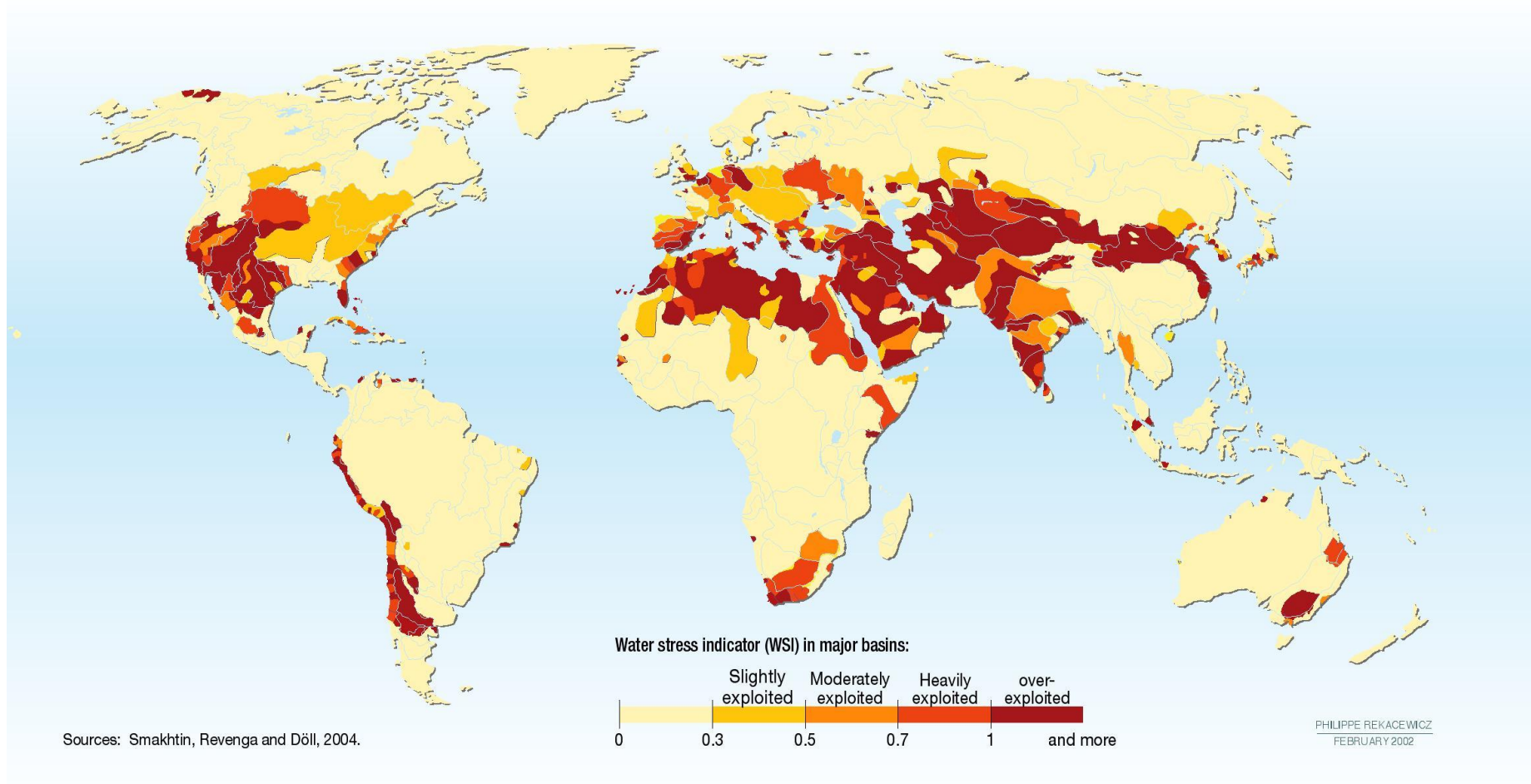
- Zahvaćanje vode u odnosu na ukupne obnovljive zalihe, po zemljama:



Preuzeto: <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/>

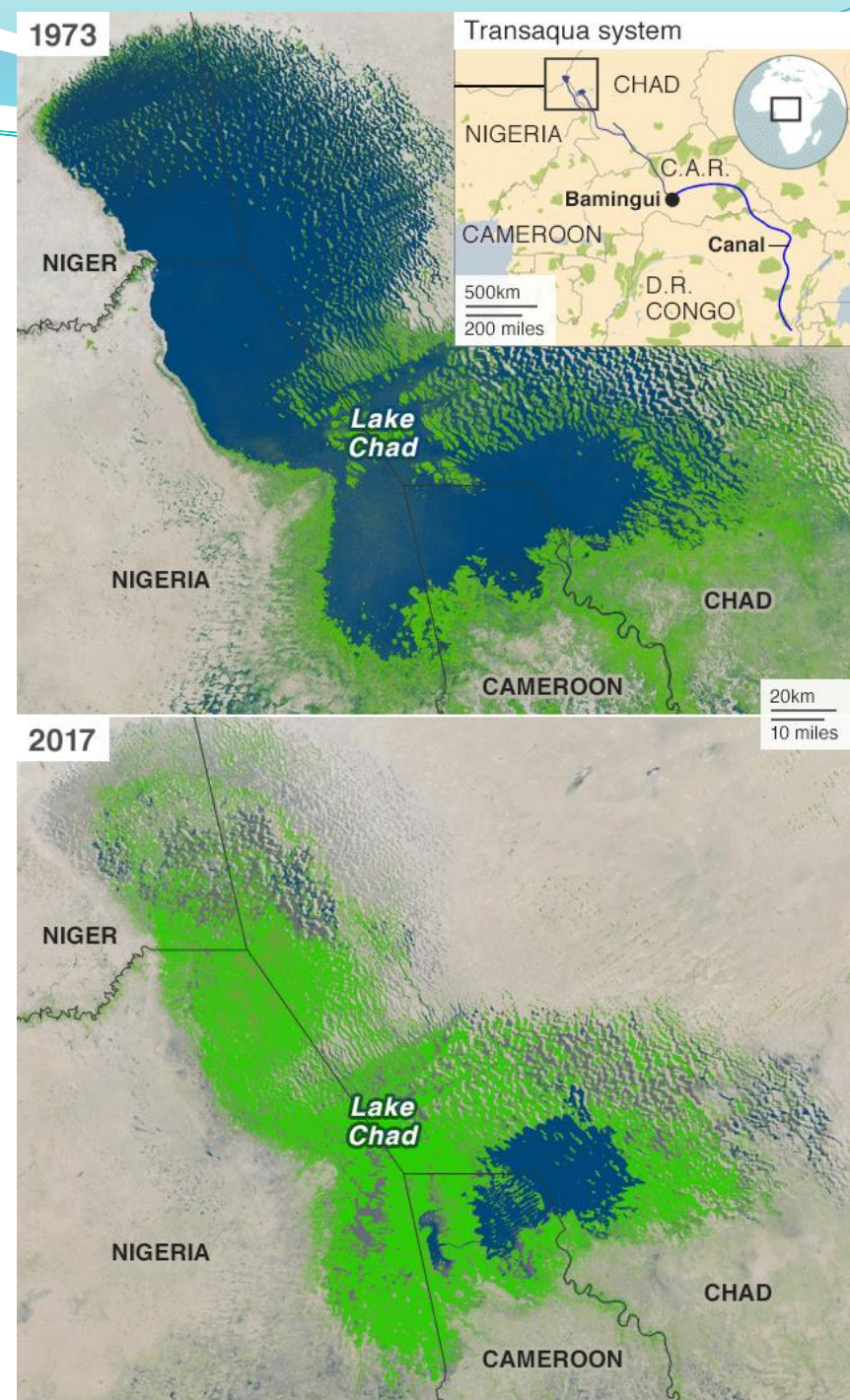
Prekomjerno zahvaćanje

- Uporaba vodnih resursa na razini poriječja i sljevova bolje otkriva regionalne probleme:



Prekomjerno zahvaćanje

- (Još jedan) primjer posljedica prekomjernog zahvaćanja je jezero Čad.
- Jezero se smanjuje a broj ljudi ovisnih o njemu se povećava --> 11 mil. ljudi je pogođeno (UN, 2020.).



Hrvatska

- **Hrvatska** ima ukupno obnovljivih vodnih zaliha (TRWR) 25 163 m³/stan/god., na prvi pogled obilje vode, **4. u Europi**, iza Islanda, Norveške, i Rusije; 32. u svijetu (ne računajući Grenland i Franc. Gvajanu)

Tablica 2.7. Oborine i vlastite vode na području Hrvatske

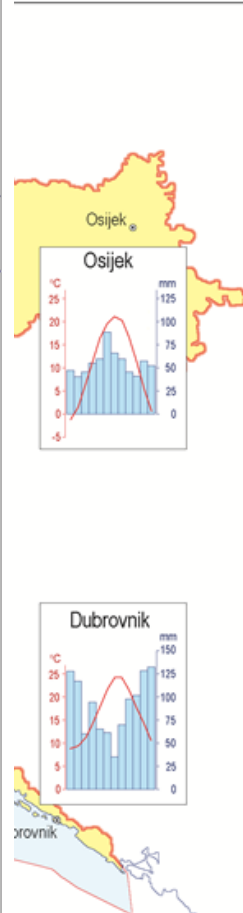
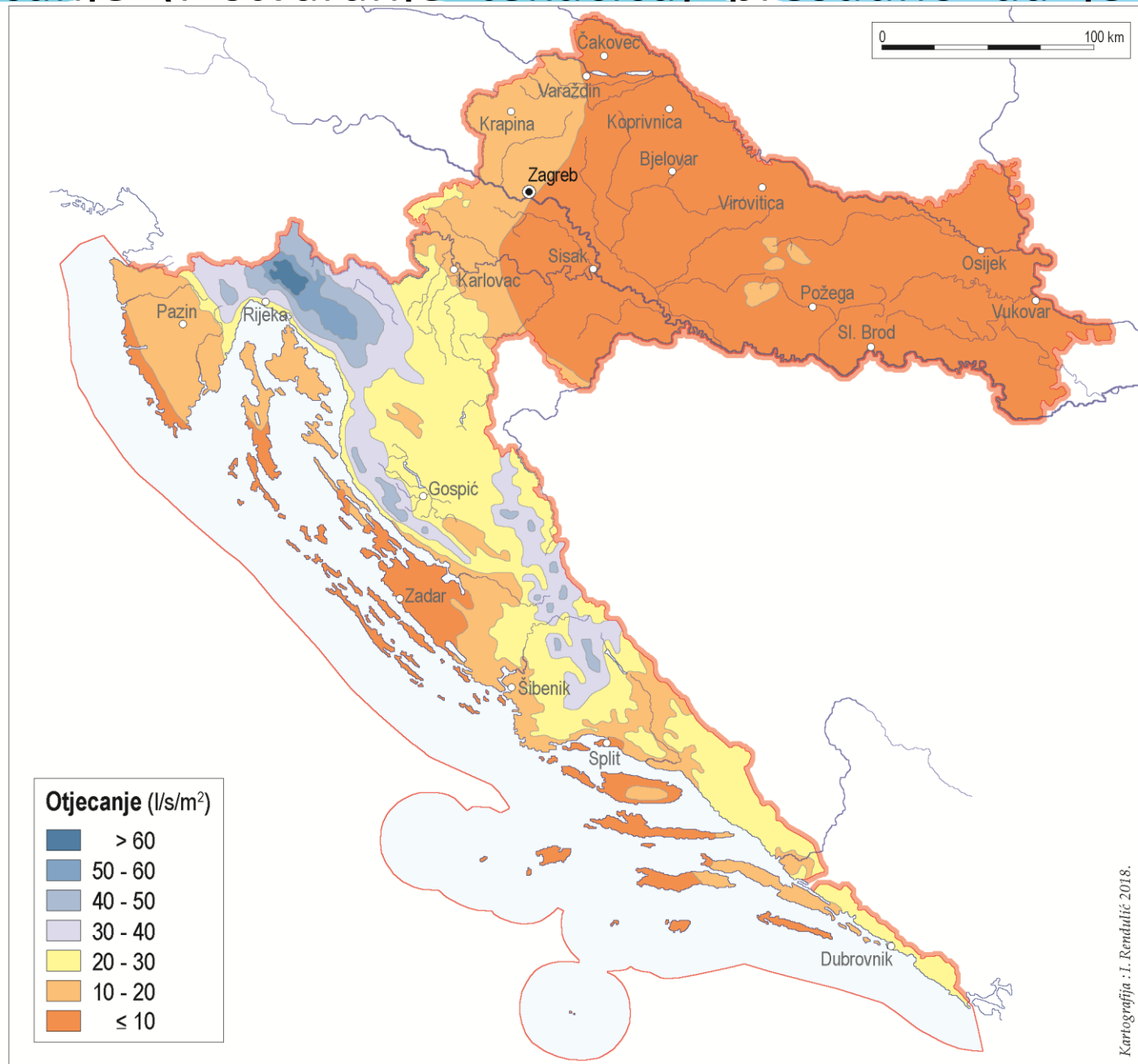
Područje	Površina	Prosječne visine oborina	Prosječna evapo- transpiracija	Prosječno otjecanje	Prosječno specifično otjecanje
	km ²	mm	mm	m ³ /s	l/s/km ²
sliv Save	25.770	1.080	678	328	12,73
slivovi Drave i Dunava	9.362	782	621	48	5,13
crnomorski sliv	35.132	1.001	663	376	10,71
primorsko-istarski slivovi	7.567	1.622	814	194	25,63
dalmatinski slivovi	10.566	1.394	717	227	21,48
otoci	3.273	1.073	784	30	9,2
jadranski sliv	21.406	1.426	761	451	21,1
Hrvatska	56.538	1.162	700	827	14,6

Hrvatska



Izvor podataka: Strategija upravljanja vodama, 2009.

Za otjecanje (i stvaranje tekućica) presudno da li $P > E$ prema

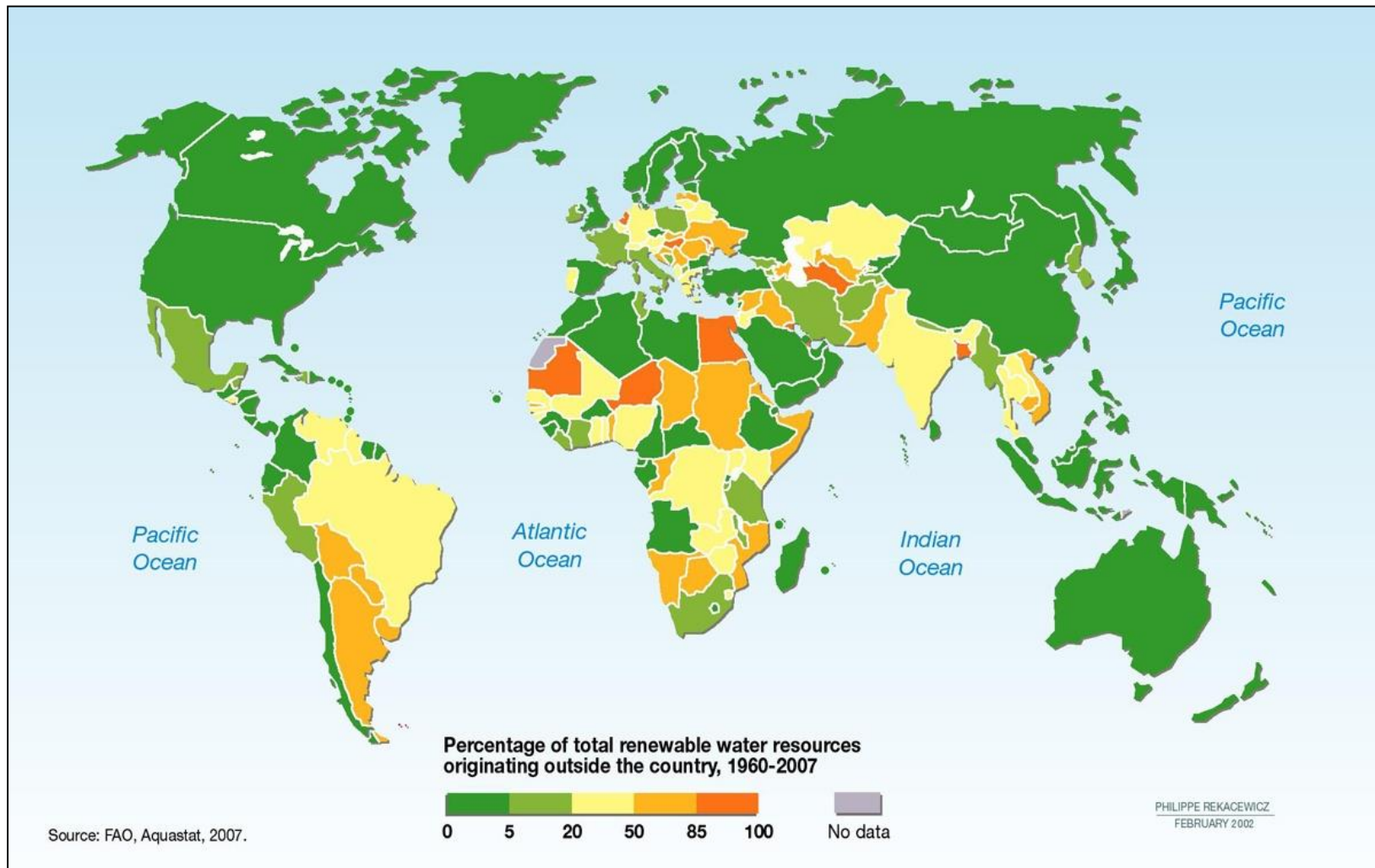


Hrvatska

- Prema prosječnoj vodnoj bilanci Hrvatska obiluje vodama, ali godišnji hod količine vode nije povoljan, a postoji i prostorna neravnomjernost.
 - Treba uzeti u obzir i objektivna ograničenja zbog kojih se samo dio voda iz prirode može privesti nekoj društveno-gospodarskoj svrsi. Riječ je o malovodnoj komponenti vodne bilance, tj. O onim vodama koje se ne smiju iskorištavati jer su nužne za održavanje ekosustava te o velikovodnoj komponenti vodne bilance, tj. o dijelu velikih voda koje nije moguće ili nije isplativo zadržati za kasniju uporabu. Postoji i niz drugih tehničkih, ekonomskih, okolišnih i političkih čimbenika koji ograničavaju mogućnost korištenja vodnih resursa.
 - Tu se dakle radi o potrebi razlikovanja i iskazivanja tzv. iskoristivih vodnih resursa (exploitable water resources)
- http://www.fao.org/nr/water/aquastat/water_res/waterres_tab.htm
- Iako prema TRWR Hrvatska spada u vodom obilne zemlje, situacija se mijenja pogledamo li IRWR te također indeks ovisnosti
- **Dependency ratio** (uobičajeno ovisnosti $ERWR / TRWR \times 100$ % ali katkad nalazimo i obratno (!) neovisnosti)
- odnosno u kojoj mjeri država ovisi o vodama koje pritječu izvana, teorijski od 0 do 100 % ovisnosti.

Indeks ovisnosti

- Indeks ovisnosti je po mnogima dobar pokazatelj lokacije mogućih napetosti i sukoba oko dijeljenja prirodnih vodnih reusrsa. Takva su područja vidljiva na karti, primjerice središnja Azija, Bliski Istok (posebno Sirija i Irak), Indija i Pakistan a potencijalno i zemlje poput Nizozemske.



Hrvatska

Tablica 2.8. Osnovne značajke vodnog bogatstva

Indikator		Crnomorski sliv	Jadranski sliv	Hrvatska
Površina	km ²	35.132	21.406	56.538
Stanovništvo	broj	3.045.829	1.391.631	4.437.460
Vode - ukupno	10 ⁹ m ³ /god.	128,38	27,94	156,32
Vodno bogatstvo - ukupno*	10 ⁹ m ³ /god.	83,72	27,94	111,66
Vodno bogatstvo - po stanovniku	m ³ /god./st.	27.487	20.077	25.163
Vlastite vode - ukupno	10 ⁹ m ³ /god.	11,86	14,22	26,08
Vlastite vode - po stanovniku	m ³ /god./st.	3.894	10.218	5.877
Podzemne vode - ukupno	10 ⁹ m ³ /god.	2,66	6,47	9,13
Podzemne vode - po stanovniku	m ³ /god./st.	873	4.649	2.057
Koeficijent neovisnosti**		0,142	0,509	0,234
Koeficijent slobode***		0,00	1,00	0,25

* Uključeno 50% voda Dunava i Save nizvodno od ušća Une

** Koeficijent neovisnosti - udio vlastitih voda u obnovljivim vodnim resursima

*** Koeficijent slobode djelovanja - udio voda koje ne otječu na teritorij drugih država, odnosno koje utječu u Jadransko more.

Kakav je naš odnos prema vrijednim vodnim resursima?

- Voda nije komercijalni proizvod kao neki drugi proizvodi, nego je naslijeđe koje treba čuvati, štititi i mudro i racionalno koristiti. (Zakon o vodama, 2021. čl. 6., st. 1.; slično u Preambuli ODV-a)
 - Vode su opće dobro i imaju osobitu zaštitu Republike Hrvatske. (Zakon o vodama, 2021. čl. 8., st. 1.)
 - Vode u tijelima površinskih i podzemnih voda ne mogu biti objektom prava vlasništva i drugih stvarnih prava. (Zakon o vodama, 2021. čl. 8., st. 2.)
- +
- Glavni cilj ODV-a je dobar ekološki status voda do 2027.

To je na papiru! A kakva je praksa?

Vodoopskrba i odvodnja u HR

Tablica 13 Osnovni podaci o zahvaćanju i korištenju voda stanovništva

		Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.	2016.	2017.	2018.
ukupna količina zahvaćene vode	1.000 m ³ godišnje	460.749	458.124	477.648	473.078
površinske vode	%	16 %	10 %	13 %	13 %
podzemne vode	%	84 %	90 %	87 %	87 %
ukupna količina isporučene vode	1.000 m ³ godišnje		237.311	243.611	241.720
„neobračunata količina vode“	%		52 %	51 %	51 %
isporučeno stanovništvu	%		94 %	95 %	95 %
isporučeno ostalim korisnicima*			6 %	5 %	5 %
procijenjeni stupanj priključenosti na javne sustave vodoopskrbe	%		85 %	86 %	86 %
* isporučeno kroz javne sustave vodoopskrbe ostalim korisnicima (poljoprivreda, industrija)					

Priključenost na
sustave
odvodnje kreće
se od 45 – 80 %.

Tablica 34 Ukupna količina zahvaćene vode koristene u industriji (tehnološke i rashladne vode)

		Plan upravljanja vodnim područjima 2016. - 2021.	2016.	2017.	2018.
ukupna količina zahvaćene vode	1.000 m ³ godišnje	474.123	170.877	180.819	168.926
površinske vode	%	68 %	20 %	22 %	21 %
podzemne vode	%	32 %	80 %	78 %	79 %
ukupna količina rashladne vode	1.000 m ³ godišnje	4.786		2.565	2.816
površinske vode	%	8 %		86 %	90 %
podzemne vode	%	92 %		14 %	10 %

Zahvaćanje vode u Republici Hrvatskoj

Tablica 2. Zahvaćena i isporučena voda te gubici u mreži po županijama (u mil. m³ i u %)

Rang	Županija	Zahvaćeno (1)	Isporučeno (2)	Gubitak (1-2)	Gubitak (u %)
1.	Zadarska	30,5	9,9	20,6	68
2.	Šibensko-kninska	23,3	9,4	14,0	60
3.	Karlovačka	15,8	6,5	9,4	59
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					
12.	Ličko-senjska	4,6	2,7	1,9	41
13.	Virovitičko-podravska	4,8	2,9	1,9	39
14.	Istarska	29,7	19,0	10,7	36
15.	Bjelovarsko-bilogorska	4,6	3,1	1,5	32
16.	Primorsko-goranska	40,4	28,0	12,4	31
17.	Sisačko-moslavačka	9,9	7,0	3,0	30
18.	Varaždinska	12,2	8,7	3,5	28
19.	Požeško-slavonska	4,3	3,2	1,1	26
20.	Zagrebačka	5,7	4,5	1,2	21
21.	Koprivničko-križevačka	4,7	4,3	0,4	8
	Ukupno	478,9	259,2	219,6	46
	Prosjek	22,8	12,3	10,5	46

Koliko dnevno vode
potroši čovjek?

19 %

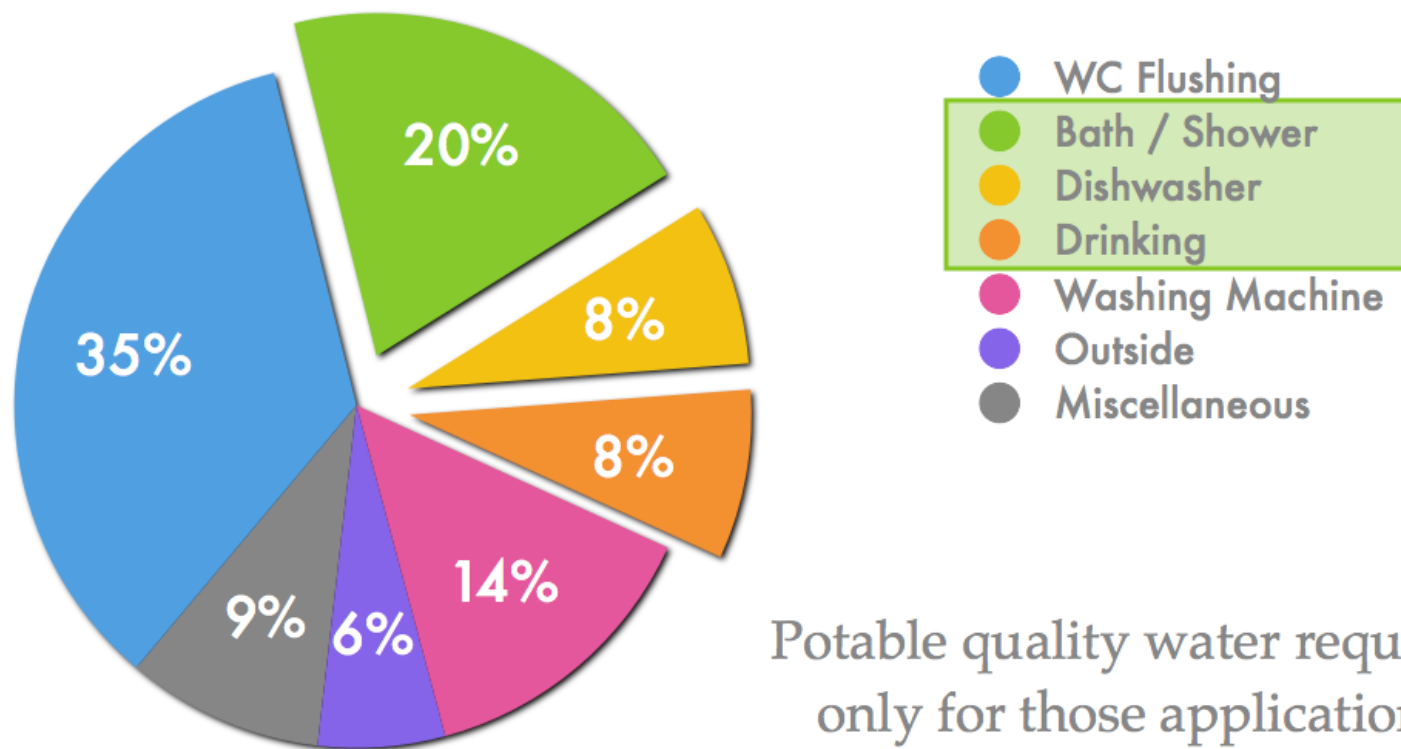
Procjene potrošnje vode u vodoopskrbi

- Pri projektiranju svakog vodoopskrbnog sustava bitno je realno procijeniti potrebe za vodom.
- Minimalne količine vode - potrebne za preživljavanje pojedinca:
 - **Varira od osobe do osobe, ovisi o klimatskim uvjetima i fizičkoj aktivnosti: iznosi 2 do 5 litara vode dnevno.**
- **Stvarna potrošnja mnogo je veća** jer, osim osobne (koja nije samo minimalna za piće i spravljanje jela već recimo i za higijenu) na stanovnika svakog naselja dolazi i komunalna, turistička, obrtničko-trgovačka i industrijska potrošnja vode.

Procjene potrošnje vode u vodoopskrbi

- Struktura potrošnje vode u kućanstvu; primjer UK

UK domestic water use



Potable quality water required only for those applications **indicated** – approximately one third of total domestic use

Što ja mogu?

Mislili smo globalno a djelovati možemo lokalno.

Hvaljen budi, Gospodine moj,

po sestrici vodi: Ona je korisna, ponizna, draga i čista.

Sv. Franjo Asiški, Pjesma bratu Suncu

Zauzeti stav zahvalnosti!

Poštivanje blaga koje nam je dano - prijelaz od rasipanja do racionalnog korištenja.

Osvijestiti vlastito izravno i neizravno korištenje vode i utjecaj na onečišćenje vode.

Kroz svoj stav i ponašanje mijenjati mentalitet i biti primjer onima kojima smo poslani.

Prema prilici i mogućnosti utjecati na transparentno donošenje zakona i njegovu primjenu u hrvatskome društvu.

...

Potrošnja vode u kućanstvu

U prosjeku se kućanstava u Europi svakodnevno opskrbe sa 144 litre (*) slatke vode po osobi. To je gotovo tri puta više od utvrđene količine vode (**) potrebne za ispunjenje osnovnih ljudskih potreba. Znatna količina te vode mogla bi se uštedjeti usvajanjem nekih vrlo jednostavnih svakodnevnih navika.

Tuširanje (3)



Tuševi za uštedu vode
8-9 l/min

Stari tuševi i veliki stropni tuševi
18-20 l/min

Pranje zubi (4)



Zatvaranje slavine tijekom pranja zuba
0 l/min

Ostavljanje slavine otvorenom tijekom pranja zuba
6 l/min

Ispiranje zahoda (3)



Modeli s dva gumba za uštedu vode
3 l po ispiranju (u prosjeku)

Stari zahodi
9 l po ispiranju

Pranje posuđa (3)



Perilice posuđa energetskog razreda A
10 l po pranju (program Eco)

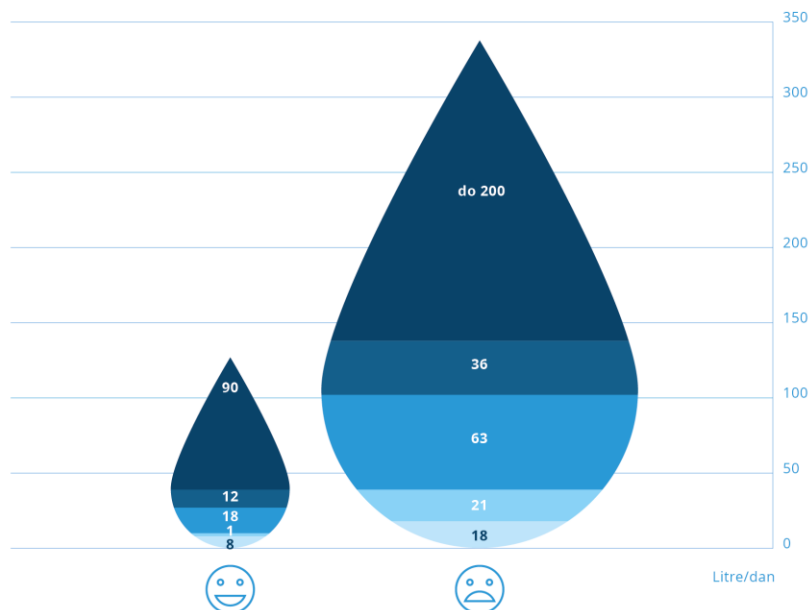
Ručno pranje posuđa
50 - 150 l po pranju

Pranje rublja (3)



Perilice rublja energetskog razreda A
60 l po pranju

Stare perilice
130 l po pranju

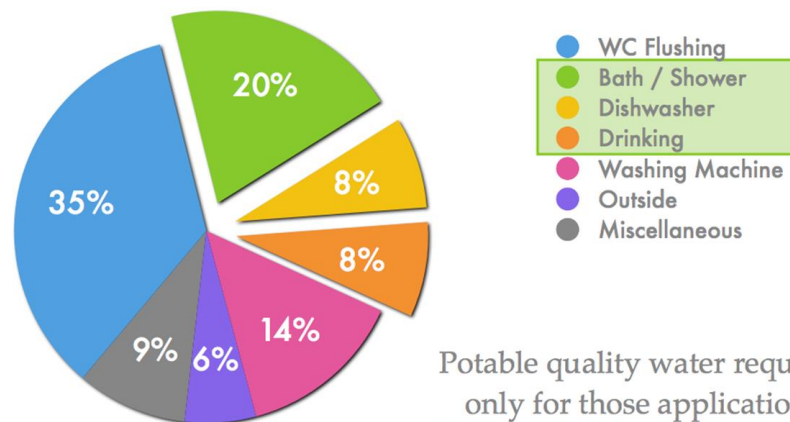


Napomena: Potrošnja vode može se znatno razlikovati prema aktivnostima. Prethodno navedene brojeve treba smatrati indikativnima.
Izvor: (*) Pokazatelj EEA-e o iskorištavanju izvora slatke vode; (**) A Review of Water Scarcity Indices and Methodologies (Pregled indeksa nestašice vode i metodologija za procjenu izvora vode), Sustainability Consortium, Brown i Matlock, 2011.; (3) Sest trikova za pametniju potrošnju vode, Vercon, Finska; (4) Kako uštedjeti vodu, South Staffs Water, Ujedinjena Kraljevina.

Informirati se o vodnim resursima koje koristim.

Analizirati vlastitu potrošnju i potrošnju u mojem domaćinstvu i na radnom mjestu.

UK domestic water use



Potable quality water required only for those applications **indicated** – approximately one third of total domestic use

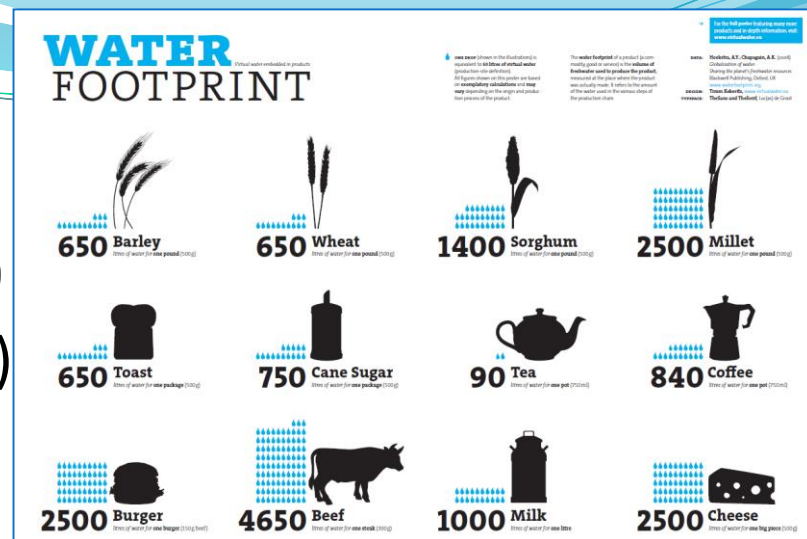
Izvor: <http://www-g.eng.cam.ac.uk/impee/?section=topics&topic=water&page=slideshow>

Korak dalje...

Vodni otisak (*Water footprint*)

- koncept je osmislio A. Hoekstra (2002.)

--> *vidi: waterfootprint.org*



= pokazatelj potrošnje pitke vode koji uračunava izravnu i neizravnu potrošnju potrošača i proizvođača.

= ukupna količina vode koja je potrebna za proizvodnju proizvoda ili usluge koje koristi pojedinac, tvrtka, država ili sl.

pr. potrebno je 5L vode za proizvesti plastičnu bočicu za vodu; 3-7 L vode je potrebno za proizvodnju 1 L benzina; 9-19 L za proizvodnju 1 L kerozina (zrakoplovi!)

Vodozahvati

- Suvremeni vodoopskrbni sustav sastoji se od vodozahvata, cjevovoda za dovod vode, vodosprema i cjevovoda za distribuciju vode.
- Vodozahvati su temeljni objekti vodoopskrbnog sustava, objekti kojima se zahvaća voda za vodoopskrbu.
- S obzirom na vrstu vode koja se zahvaća dijele se na (Mayer, 2004.):
 - Zahvate oborinskih voda,
 - Zahvate površinskih voda,
 - Zahvate izvora,
 - Zahvate podzemnih voda.

Vodozahvati

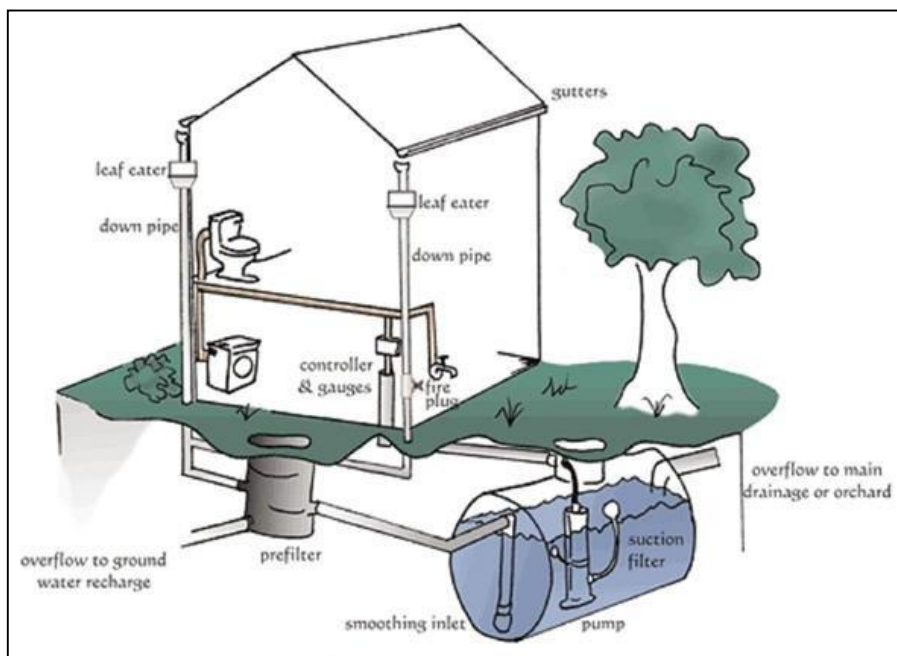
Zahvati oborinskih voda, odnosno zahvati kišnice, nakapnice

- Koriste se tamo gdje nema ili nedostaje površinskih i nema ili su teško dostupne podzemne vode.
- Najčešće za vodoopsrkbu jednog ili više domaćinstava
- Katkad i komunalni zahvati – posebno kod manjih naselja
- Iznimno za veće potrebe (do 21 st. Gibraltar)
- Sastoje se od nakapne površine i spremnika (cisterne, šterne)
- Nakapna površina blago je nagnuta, građena od nepropusnog materijala (kamen, beton, krovni crijep) – potrebno je osigurati filtriranje i održavati čistoću (primjerice ako je u razizemlju onemogućiti pristup životinjama)
- Spremnik ili cisterna je građena za pohranu vode, dimenzionirana prema potrošnji, broju korisnika, padalinama i trajanju sušnog razdoblja
- Osim tradicionalnih zahvata kišnice u suvremeno doba sve je češća individualno suvremeno zahvaćanje kišnice za potrošnju vode u ispiranju zahoda, pranju, zalijevanju i sl. radi značajnih ušteda u potrošnji vode.

Vodozahvati



Nekadašnji zahvat kišnice u
Gibraltaru, nakapna površina na
ist. obali i jedan od spremnika



Sustav suvremenog
zahvaćanja kišnice

Vodozahvati

- U Hrvatskoj česte su tradicionalne individualne i komunalne cisterne (puno ih je izvan pogona - Rimljani su često gradili nakapnice i kad su imali izvor žive vode!)



Komunalna cisterna Vela
šterna u Buzetu iz 1789.

Šterna iz 1943. iznad Jurjeva s
okruglom nakapnom površinom



Vodozahvati

Vodozahvati površinskih voda (Mayer, 2004.)

- Zahvati na potocima, rijekama te prirodnim i umjetnim jezerima.
- S obzirom na smještaj vodozahvata razlikuju se:
 - **Priobalni zahvati**
 - Na rijekama i jezerima sa strmom obalom i dubokim uzobaljem – zdenci opremljeni crpkom, iskopani uz obalu s podzemnim cijevima na nekoliko visina kroz koje dotječe voda (preko mrežama pokrivenih otvora na strani jezera ili korita)
 - **Zahvati u koritu tekućice s pontona ili mosta**
 - Na tekućicama koje nisu dovoljno duboke uz obale, crpka na pontonu ili mostu.
 - **Plutajući zahvati**
 - Na rijekama i jezerima s velikim rasponom (čestim većim pormjenama) vodostaja. Crpka na plutajućoj konstrukciji, fleksibilna cijev do obale.
 - **Potopljeni zahvati**
 - Na rijekama na dnu korita ili na dnu jezera, filtriranje, fleksibilna cijev do obale.
 - **Zahvati iz umjetnih jezera**
 - Bilo posebni objekti na obali ili otočni/poluotočni ili u sklopu brana.
- Neposredno uz zahvate površinskih voda uobičajeno se grade postrojenja za kondicioniranje vode.

Vodozahvati

- Primjeri u Hrvatskoj



Vodozahvat na Dunavu,
Vukovarski vodovod



Vodozahvat na Butonigi,
vodoopkrbni sustav Istre

Vodozahvati

Vodozahvati izvora ili kaptaža

- Objekt kojim se zahvaća izvorska voda
- Sastoji se od:
 - Zahvatne građevine – objedinjuje izvorište, u slučaju kontaktnog izvora gradi se u dubinu do kontakta propusnih i nepropusnih stijena.
 - Sabirne komore – služi prikupljanju izvorske vode i usmjeravanju u
 - Komoru raspodjele – odvaja vodu za opskrbu od protoka koji se preko preljeva vraća u tekućicu.
 - Zasunska komora – dio kaptaže gdje se ugrađuju zasuni, ventili, cijevi i mjerni uređaji potrebni za funkcioniranje vodozahvata.
- S obzirom na uobičajeno visoku kakvoću vode uz kaptaže se obično grade samo filteri za uklanjanje eventualne mutnoće i uređaji za preventivnu dezinfekciju vode (kloriranjem, ozoniranjem ili UV zračenjem).
- Kaptaže su učestale u Primorskoj i Gorskoj Hrvatskoj te u gorju Panonske Hrvatske (gdje su obično manje izdašnosti).

Vodozahvati

- Primjeri u Hrvatskoj



Izvor Gradole,
Istarski vodovod

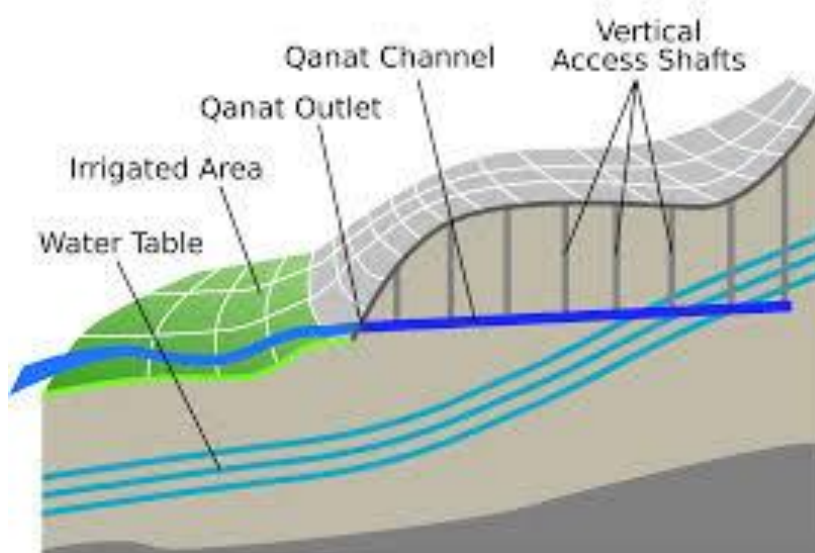
Kaptirani izvor (1926.)
Deželjin u Barbatu, Rab



Vodozahvati

Vodozahvati podzemnih voda

- Zahvaća se voda koja prirodnim putem ne izlazi na površinu.
- Razlikuju se horizontalni i vertikalni zahvati.
- Horizontalni zahvati su **drenovi i galerije**
 - Drenovi su jarci u pjeskovitom ili šljunčanom tlu, kopaju se do nepopusnog sloja, tipično do 4 m duboki, dugi i više stotina metara. Do oko polovice se ispunjavu krupnim kamenom te prekrivaju glinovitim slojem zbog zaštite od prodora onečišćenja s površine. Plitka temeljnica prikuplja se drenovima (katkad perforiranim cijevima unutar drenova) do sabirne komore.
 - Galerije su rudarski rovovi (tuneli) iskopani u brdo, u stijensku masu, uobičajeno prateći pukotinske sustave kako bi se došlo do vode. Mogu biti iznimno duboki i dugački. Tipičan primjer su kanati. Na izlazu iz galerija se gradi vodozahvatna građevina.



Vodozahvati

- **Vertikalni zahvati su kopani, zabijeni i bušeni zdenci (bunari)**
 - **Kopani bunari** služe za zahvat relativno plitkih podzemnih voda. Širine su od oko 1 do 5 metara pa i više kod velikih crpilišta, a dubine do desetak pa i više desetaka metara. Po iskopu se oblažu kamenom ili opekom ili se ugrađuju betonske cijevi od kojih one pri dnu imaju perforacije zaštićene rešetkom. **Danas se uglavnom iz njih voda crpi hidroforima, kod velikih (komunalnih) crpilišta crpkama.**
 - **Zabijeni zdenci** služe za crpljenje malih količina iz plitkih vodonosnika pomoću ručne ili motorne crpke. Izvode se zabijanjem zašiljenje cijevi promjera 25 do 75 mm u otvoreni vodonosnik (pjeskovito ili šljunkovito tlo), uobičajeno do najviše 10 metara. Donji je dio cijevi, obično u duljini od 2 m, perforiran rupicama 2 do 5 mm.
 - **Bušeni zdenci** koriste se za crpljenje vode iz većih dubina. Buše se strojno **i do više stotina metara u dubinu**. Promjer im je najčešće 150 – 1500 mm. U dio bušotine koji prolazi kroz vodonosnik ugrađuje se filter tj. perforirana cijev. Cijevi i filter u pravilu su za 10 cm uži od bušotine tako da se oko njih ugrađuje šljunčani zasip koji zadržava čestice manje od perforacije na filteru. Iznad zasipa ugrađuje se glineni tampon ili cementira cijev tako da ne dolazi do prodora onečišćene vode s površine u vodonosnik. Testira se na maksimalno crpljenje, jer ono ovisi o izdašnosti vodonosnika od nekoliko litara pa do više stotina litara u sekundi. **Velik vodoopskrbni sustavi obično koriste više kopanih ili bušenih zdenaca koji čine crpilište.**

Vodozahvati

- Kopani i zabijeni zdenci još se rabe za individualnu vodoopskrbu u Panonskoj Hrvatskoj. Većina javnih vodoopskrbnih sustava u Hrvatskoj koristi bušene bunare.



Tradicionalni zdenci, kopani i bušeni



Zagrebačko crpilište Mala Mlaka s 10 kopanih zdenaca promjera 6 m dubine 13 m do 18 m + 6 bušenih do 40 m

Hvala na pozornosti!
Pitajte, komentirajte, podijelite svoje iskustvo...



izv. prof. dr. sc. Ivan Čanjevac
canjevac@geog.pmf.hr